

# DINÀMICA, CARACTERITZACIÓ I GESTIÓ DEL SECTOR LITORAL CAN PICAFORT - ES COMÚ DE MURO (BADIA D'ALCÚDIA, MALLORCA)

per

**Miquel Mir Gual**

Universitat de les Illes Balears. Dept. de Ciències de la Terra  
Carretera de Valldemossa, km. 7,5  
Edifici Guillem Colom Casasnovas  
Palma de Mallorca -07122-



Director: **Dr. Guillem X. Pons Buades**  
Departament de Ciències de la Terra  
Universitat de les Illes Balears

*“...algunas flores crecen en las dunas  
sube la marea y se hacen invisibles,  
algunas duermen a la luz de la luna  
persiguiendo sueños imposibles...”*

Salitre (Quique Gonzalez)

## Agraïments

---

La memòria que es presenta no és, en cap cas, el resultat final d'una il·lusió, no obstant n'és una passa important. Hi ha qui diu que per a l'obtenció d'alguna cosa en fa falta una bona dosis d'il·lusió, empena i coratge. No obstant, el camí a seguir per a fer-se amb els somnis que es van engendrant en la vida d'un, difícilment es pot fer sol. Aquest és doncs un perfecte exemple per reflectir el pes i la influència que altre gent ha tengut en l'origen, inici, execució i finalització d'aquest treball, fet que em posa amb compromís moral i personal d'agrair-ne la seva ajuda.

En primer lloc elevar a la màxima potència la tasca d'assessorament i direcció duta a terme pel Dr. Guillem X. Pons Buades, responsable d'aquest producte, però sobretot, de la meva formació al llarg d'aquests dos darrers anys. Que ningú dubti que sense les seves aportacions, suport i hores de dedicació, aquesta memòria encara perduraria en el disseny.

El suport acadèmic d'aquesta memòria, afortunadament, s'estén també a les aportacions d'altres persones que, sense cap pretensió, m'han regalat els seus coneixements i hores de dedicació. Parlo així del Dr. Bernadí Gelabert Ferrer, Dr. Antonio Rodríguez-Perea, Dr. Lluís Gómez-Pujol, Francesc Xavier Roig-Munar, José Ángel Martín-Prieto, Dr. Joan Fornós, Dr. Lluís Pomar o del Dr. Miquel Àngel Consesa, entre d'altres, els quals sempre que ho he necessitat, he pogut comptar amb ells. A part, menció especial al Dr. Guillem Mateu Vicens, company de despatx, de rialles i de mencions ben profitoses per aquesta tasca.

Vull deixar constància de l'agraïment especial que li dec a un amic i col·lega, a una persona que sense relacionar-se amb la temàtica, ha sabut complir amb l'amistat que ens ajunta, col·laborant íntegrament amb tot el treball de camp que ha servit per elaborar els resultats que donen cos a aquesta memòria. Per tot li dec molt a n'en Joan Garau Figuerola "*grau*", per les seves hores de camp, de rialles i bromes, d'hores de platja, de sol i de pluja. Agrair també, de manera especial, la tasca feta a n'en Pere

Reus Bennàssar “coki”, amic personal, que de manera desinteressada ha col·laborat excel·lentment amb la creació de figures i mapes.

A totes aquelles persones que he tengut la oportunitat de conèixer amb la realització d'aquesta memòria, les quals han fet de les seves capacitats una font d'informació ben valuosa per a la redacció del treball que es presenta. Entre altres donar les gràcies a Biel Perelló – tècnic de s'Albufera de Mallorca –, Nick Riddiford i Macu Férriz – membres de *The Albufera Initiative for Biodiversity* –, Jaume Ramón – tècnic de medi ambient de l'Ajuntament de Muro –, Toni Nadal – tècnic de medi ambient de l'Ajuntament de Santa Margalida –, Antoni Mas i Miquel Cifre.

A cada un dels meus amics, que entre bromes i bauxes sempre m'han donat el seu suport per a continuar endavant el dia a dia. Entre ells menció especial al meu gran amic Jaume Fornés Comas “vilero”, per seguir amb mi tot el procés, i per tenir també part de culpa vers a la temàtica elegida en aquesta memòria, arrel del treball d'assignatura que férem plegats ja fa uns anys. A Jaume Bergas Rydenfords “barraca”, per les seves hores d'escolta i preocupació, pels cafès que hem fet plegats, i per les hores que hem passat junts al campus al llarg d'aquest temps.

No obstant, pot ser el suport familiar n'ha estat el més important de tots. Especial agraïment a la meva estimada, Margalida, pel seu sofriment i hores de preocupació amb la meva feina, per les seves escoltes, pels seus consells. Als meus pares, Joana i Andreu, per haver fet de mi una persona amb personalitat pròpia i amb uns objectius marcats en aquesta vida, per haver-me donat el que tenc. Al meu germà, Andreu, referent personal i acadèmic, persona a la que sempre tendré en compte. I al meu tio Miquel, per la seva saviesa, pels seus consells, per a ser una persona amb la que sempre hi podré comptar.

A ells, i a tots aquells que segurament m'hauré oblidat però que s'han de sentir ben identificats amb aquesta memòria, moltes de gràcies per haver estat sempre al meu costat.



## ÍNDEX

---

### **CAPITOL 1. ANTECEDENTS I CONTEXT TEÒRIC .....8**

1.1. ANTECEDENTS.....	10
1.1.1. Introducció .....	10
1.1.2. Badia d'Alcúdia.....	12
1.1.3. Es Comú de Muro.....	17
1.2. CONFIGURACIÓ DE L'ESPAI LITORAL.....	18
1.3. CARACTERITZACIÓ DE L'ESPAI LITORAL .....	30
1.3.1. Els sistemes platja-duna.....	31
1.4. ELS SISTEMES DUNARS A LES ILLES BALEARS.....	36
1.5. LA GESTIÓ DELS SISTEMES DUNARS I LA PRIMERA LÍNIA DE COSTA ENVERS A LA SEVA VULNERABILITAT. EL CAS DE LES ILLES BALEARS.....	42
1.5.1. La gestió dels sistemes dunars a les Illes Balears.....	50
1.5.2. La legislació com a element clau per a la correcta gestió de l'àmbit litoral.....	54

### **CAPITOL 2. JUSTIFICACIÓ I CARACTERITZACIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI .....59**

2.1. JUSTIFICACIÓ DE L'ÀREA D'ESTUDI .....	59
2.2. LOCALITZACIÓ I ENQUADRAMENT GEOGRÀFIC DE LA ZONA D'ESTUDI.....	62
2.3. CARACTERITZACIÓ GENERAL DE LA ZONA D'ESTUDI.....	63
2.3.1. Aspectes geològics .....	64
2.3.2. Aspectes climàtics .....	68
2.3.2.1. Els vents predominants .....	74
2.3.2.2. L'onatge local.....	77
2.3.2.3. Les corrents marines .....	80
2.3.3. Aspectes biòtics.....	84

2.3.4. Aspectes socioeconòmics .....	86
2.3.4.1. El sistema d'es Comú de Muro i ses Casetes des Capellans (terme municipal de Muro) .....	90
2.3.4.1.1. Sistema d'es Comú de Muro .....	92
2.3.4.1.2. Ses Casetes des Capellans .....	98
2.3.4.2. Can Picafort (terme municipal de Santa Margalida) .....	100
2.3.4.3. Impactes antròpics sobre la zona d'estudi i problemàtica actual.....	105
2.3.4.4. Punt de vista popular vs. Punt de vista científic.....	111
2.3.4.4.1. Punt de vista popular del què és una platja .....	111
2.3.4.4.2. Punt de vista científic del què és una platja .....	113
2.4. LA PART SUBMERGIDA, INFRALITORAL O <i>NEARSHORE</i> .....	120
2.4.1. La part submergida a la zona d'estudi .....	121
2.4.1.1. La importància de la <i>Posidonia oceanica</i> .....	122
2.4.1.1.1. Caracterització de la <i>Posidonia oceanica</i> .....	122
2.4.1.1.2. Funcions i serveis de la <i>Posidonia oceanica</i> .....	125
2.4.1.1.3. Amenaces dels alguers de <i>Posidonia</i> .....	127
2.4.1.1.4. Del seu estat a la necessitat de protecció i gestió .....	129
2.4.1.1.5. Les praderes de <i>Posidonia oceanica</i> a la zona d'estudi .....	131
2.4.1.2. Aspectes físics: batimetria, onatge, corrents marines i geomorfologia de la platja submergida .....	133
2.5. LA PLATJA ALTA O <i>BACKSHORE</i> .....	143
2.5.1. <i>Ripples marks</i> .....	146
2.5.2. Banquetes de <i>Posidonia oceanica</i> .....	148
2.5.3. Escarpaments arenosos .....	153
2.5.4. Formacions arenoses embrionàries o <i>echo-dunes</i> .....	159
2.6. SISTEMA DUNAR D'ES COMÚ DE MURO .....	160

2.6.1. Les <i>foredunes</i> .....	162
2.6.2. Dunes mòbils o semiestabilitzades .....	164
2.6.3. Les dunes estabilitzades.....	167
2.7. LA ZONA HUMIDA. S'ALBUFERA DE MALLORCA.....	169
<b>CAPITOL 3. OBJECTIUS, MÈTODES I RESULTATS .....</b>	<b>173</b>
3.1. OBJECTIUS .....	173
3.3.1 Objectius principals.....	174
3.3.2. Objectius derivats .....	176
3.2. MATERIALS I MÈTODES.....	181
3.3. RESULTATS I DISCUSSIÓ .....	195
<b>CAPITOL 4. CONCLUSIONS .....</b>	<b>237</b>
4.1. PROPOSTES D'APLICACIÓ DE MESURES DE GESTIÓ.....	249
<b>CAPITOL 5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES .....</b>	<b>262</b>
<b>ANNEX .....</b>	<b>279</b>

## **CAPÍTOL 1. ANTECEDENTS I CONTEXT TEÒRIC**

---

Avui dia és un fet quotidià parlar del litoral, sobretot en un emplaçament turístic com Balears, on gran part de l'activitat econòmica es mou i es desenvolupa a sobre aquest indret. Tot i això, la percepció que un té de l'espai litoral pot discrepar d'altres punts de vista. Les interpretacions que avui es fan de la costa són realment heterogènies, i responen sempre als interessos de diferents col·lectius. Sigui com sigui, en el llenguatge col·loquial apareixen recurrentment termes com *litoral* o *costa*, tot i que en la literatura científica n'és absent la precisió per definir-los (Suarez de Vivero, 1999). És cert però, que dins aquest ventall, la imatge mental més freqüent sobre aquest espai és de veure'l com un recurs turístic i/o econòmic, tot i la perceptible perillositat a la que es podria atribuir aquest indret (Bauer i Sherman, 1999), conseqüència dels recurrents esdeveniments naturals que es donen en ell.

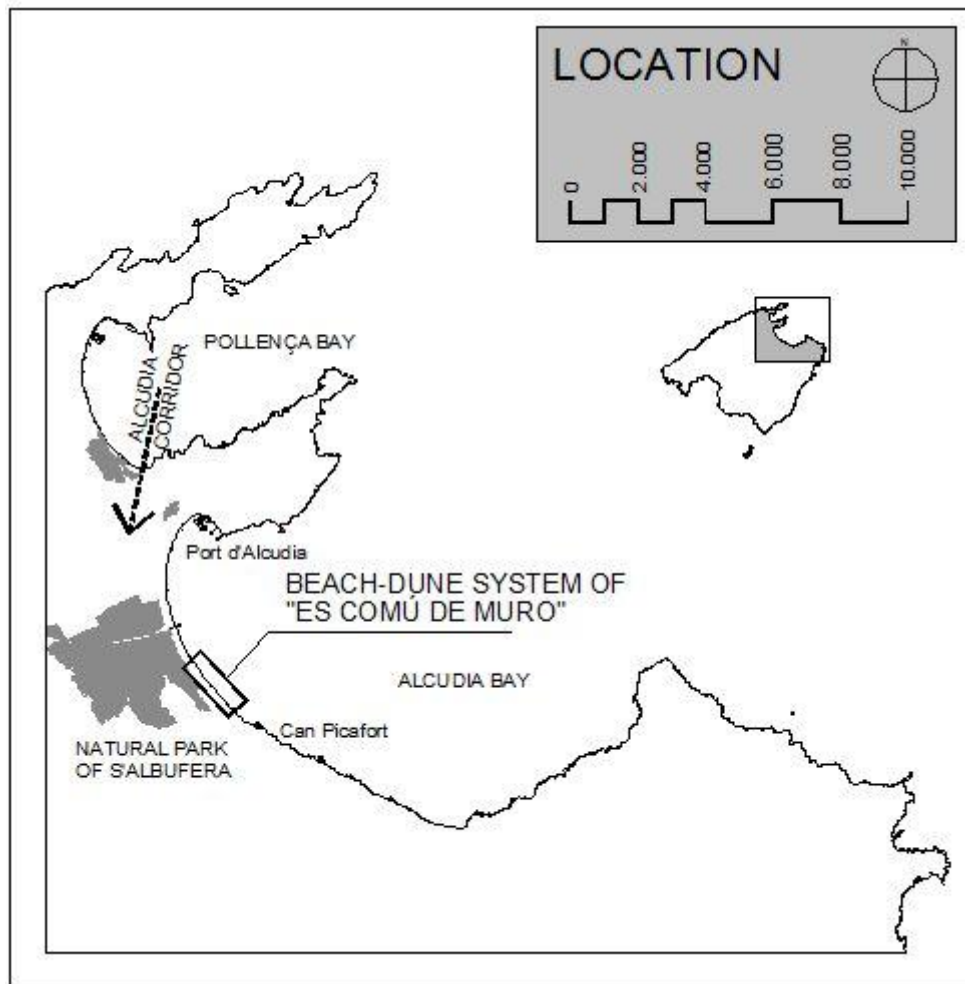
La definició d'espai litoral però, va molt més enllà de considerar l'activitat que s'hi desenvolupa. Malgrat tot, aquest és un espai totalment dinàmic, on hi intervenen una gran quantitat de factors i s'hi donen lloc un important nombre d'interrelacions entre processos submarins i subaeris (Gelabert *et al.*, 2002)

La interacció de factors ambientals que es produeix a l' àmbit coster determina una gran varietat de processos. La conseqüència d'aquest fet és que la franja litoral sigui considerada com una de les zones naturals més fràgils del planeta (Andres i Moreno, 2000; Hernández Calvento, 2002) . L'ocupació i l'assentament de l'activitat humana, i el creixement exponencial d'activitats i usos aliens a aquest ambient, ha fet que els espais litorals, amb predominança de costes baixes i sedimentàries, s'hagin vist greument afectades.

A mode d'aproximació, i segons Nonn (1987), el 20% de les costes arreu del món són arenoses, i d'aquestes el 70% s'erosionen, bé sigui per causes naturals o bé per l'acció destructiva de l'activitat humana. Sens dubte, aquestes dades ens posen de manifest la vulnerabilitat a la que estan sotmesos aquests ambients i la seva facilitat per canviar la

seva fisonomia o, fins i tot, desaparèixer. En cas de Mallorca, les costes arenoses suposen el 19 % sobre el total (Balaguer, 2007).

Tot i pertànyer a un sistema més genèric i global, la present tasca està enfocada a una zona litoral costanera de l'illa de Mallorca, al seu quadrant nord oriental, concretament a la badia d'Alcúdia (entre els municipis de Santa Margalida i Muro) (Figura 1). Només l'anàlisi de la badia en el seu conjunt, i de cada un dels agents que hi intervenen i interactuen, ens permet entendre en major mesura l'estat de salut amb el que es troba l'ecosistema estudiat.



**Figura 1:** Localització i enquadrament geogràfic de la zona d'estudi.

## **1.1. ANTECEDENTS**

### **1.1.1 Introducció**

Segurament ningú discrepi a l'hora d'afirmar que l'espai litoral, sobretot com succeeix a Mallorca, esdevé com emplaçament estratègic i de base per l'activitat econòmica regional. No obstant, aquesta és una percepció relativament moderna, ja que curiosament, abans de l'anomenada *Industria de los forasteros*<sup>1</sup>, aquest quedava en un segon pla enfront als pintorescos i actius paisatges de la Serra de Tramuntana (Gómez Pujo i Pons, 2007), i la productiva zona agrícola de l'interior.

És a mitjans del segle passat però, quant l'activitat antròpica comença, pels seus propis interessos, a pitjar fort sobre l'espai litoral tot desenvolupant-hi una estructura social de cada cop més complexa. Aquest interès envers les nostres costes no va deixar indiferent la vessant científica i acadèmica, incrementant exponencialment la seva curolla per l'estudi i caracterització d'aquests ambients. Així, des dels primers articles redactats pels il·lustres visitants de finals del segle XIX, passant per obres com la d'Amengual (1903), les referències bibliogràfiques verç al litoral illenc no han fet més que créixer, tendint a ser de cada cop més específiques i de temàtiques diverses.

Tot i això, junt amb la inèrcia seguida al llarg de les dècades, en són els factors que ens expliquen el vast coneixement que avui dia tenim sobre l'espai litoral. En el marc geogràfic de les Illes Balears, amb incidència sobre el cas de Mallorca, el coneixement científic de les nostres costes és considerable i dilatat en el temps (Balaguer, 2002; Gómez Pujol i Pons, 2007), convertint-se així en un dels espais més estudiats del territori mallorquí. Tot i que des del punt de vista geològic i geomorfològic se'n troben

---

<sup>1</sup> A finals del segle XIX apareixen els primers articles – conseqüència de les precedents visites de personatges com George Sand, Jean J. Laurens, Gaston Vuiller, etc. – els quals manifestaven la necessitat que hi havia d'iniciar un desenvolupament turístic a l'illa per tal de la seva dinamització i aprofitament, tot per aconseguir la seva modernització. Amb aquest escenari, Bartomeu Amengual publica l'obra titulada *La Industria de los Forasteros* (Amengual, 1903). Aquesta obra no deixà indiferent l'espectre social illenc, ja que a partir d'aquí naixé l'entitat Foment de Turisme de Mallorca, així com les primeres agències de viatge i hotels. No obstant, cap a finals de la dècada dels anys 50, trobem un nou punt d'inflexió dins el període vital del turisme illenc, canviant la tendència i el perfil de l'activitat turística fins al moment.

una bona pila de publicacions, la vessant socio – econòmica i, més recentment la de gestió, també han anat agafant força dins l’escenari de l’estudi costaner. La complexa configuració del litoral es treu a debat en cada un dels camps d’estudi dels especialistes que treballen en geomorfologia litoral, entenent aquesta com la disciplina que s’interessa en esbrinar i explicar la formació i evolució del relleu costaner, a partir de l’estudi de les seves formes, sediments, i processos que tenen lloc a la línia de costa (Gómez Pujol i Pons, 2007), i darrerament també, els canvis geomorfològics que provoca l’acció antròpica.

A nivell insular tres o quatre en són les etapes que es poden diferenciar d’una forma més o menys clara pel que fa referència a l’estudi de la costa mallorquina, deixant de banda les descripcions, intuïcions i tòpics dels viatgers i particulars o historiadors del segle XVIII (Gómez Pujol i Pons, 2007). La primera de les etapes es podria associar a les contribucions de les memòries que ens van deixar alguns dels viatgers il·lustres del XIX. Aquestes obres, de caràcter bàsicament descriptiu, vénen precedides per les investigacions de la segona meitat del segle XX, encapçalades pel paleontòleg i naturalista català Joan Cuerda (Barcelona, 1912 – Palma de Mallorca, 2003) i el professor alemany Karl W. Butzer (Alemanya, 1934). Els dos van dur a terme una interessant i no manco intensiva tasca d’investigació, sempre contribuint en el coneixement de la costa balear, aportant importants contribucions sobre els efectes del Quaternari. El professor Vicenç M. Rosselló Verger (Palma, 1931), des de la Universitat de València, va dirigir, seguint amb la tendència del seus antecessors, una ferma línia de treball consolidada en el camp de la geomorfologia litoral. El darrer període es correspon amb la consolidació de la Universitat de les Illes Balears i el seu Departament de Ciències de la Terra, així com altres institucions acadèmiques tals com l’Institut Mediterrani d’Estudis Avançats CSIC-UIB (IMEDEA), o bé el treball de tècnics en administracions autonòmiques, insulars i/o locals. Aquesta doncs, i lluny de voler oblidar les contribucions de particulars anònims, moltes vegades a través de treballs inèdits, és la seqüència que estructura el devenir del coneixement que tenim sobre la franja litoral avui dia. Recentment, Fornós *et al.* (2007) publiquen la monografia *Geomorfologia Litoral. Migjorn i Llevant de Mallorca*, establint una detallada

representació dels coneixements actuals que avui en dia es tenen del litoral mallorquí des del punt de vista físic, referint-se també a la seva gestió.

Enfront a l'abundància bibliogràfica, i com a mesura de simplificació per tal de complir amb l'objecte de la present memòria, al llarg d'aquest apartat ens limitarem a establir una relació dels antecedents més propers a la zona d'estudi, afectant aquests a la Badia d'Alcúdia, al Parc Natural de s'Albufera i a la zona concreta d'es Comú de Muro.

### **1.1.2 Badia d'Alcúdia**

La badia d'Alcúdia, degut a la seva gran extensió i heterogeneïtat d'ambients, ha estat el centre de nombrosos estudis, molts d'ells amb la costa com a objecte, estudiant en molts casos sectors específics de la pròpia. Obviant referències descriptives i de caràcter espontani dutes a terme al llarg del XVIII, una de les primeres cites que trobem és a l'obra de Weyler (1854), que tot fent esment a la caracterització de la costa mallorquina en general, ens parla concretament de la Badia d'Alcúdia, definint-la per les seves platges i delimitant-la entre cap Ferrutx i el cap de Menorca. El caràcter descriptiu d'aquestes primeres referències ja es carregava amb la intenció de donar a conèixer quina era la fisonomia de la Badia, que tot i amb un llenguatge un tant imprecís, l'assimilava a la situació dels nostres dies.

Seguint amb la tendència de la cita anterior, Fallot (1923) anomena la Badia d'Alcúdia a la seva obra *Esquisse Morphologique des Iles Baléares*, sempre amb un objecte descriptiu i apostant per una caracterització superficial i simple del paisatge. L'autor, a través de la literatura escrita i de la cartografia que complementa l'escrit, situa la Badia dins la plana miocena central, limitada al nord pel que anomena Massís d'Alcúdia, i al sud, el Massís s'Artà.

Seguint amb les obres de caràcter general, Bolos i Molinier (1958) publiquen un article titulat *Recherches phytosociologiques dans l'île de Majorque*, on tot i referir-se a la caracterització florística a nivell insular, fan una aturada representativa per donar explicació a la vegetació dunar de la Badia d'Alcúdia, establint inclús un perfil dunar de



la zona. Aquesta es podria considerar com la primera referència específica de la zona d'estudi, tot i que inserida dins un context més general.

Butzer (1962) publica *Coastal Geomorphology of Majorca*. Aquest article, publicat a la prestigiosa publicació *Annals of the Association of American Geographers*, parla per primera vegada, i de forma estricta, sobre la geomorfologia que caracteritza l'illa de Mallorca. Al llarg del seu contingut, l'autor ens deixa alguna referència específica de la Badia d'Alcúdia, establint la caracterització de la zona deprimida en la que s'assenta, així com també diferenciant els tipus de costa que hi podem trobar; *nip coasts*, *beach-ridge coasts*, i finalment, *bar-and-lagoon*, referint-se a s'Albufera.

Una de les conseqüències que va dur la redacció de Bolos i Molinier (1958) va ser la revisió que va fer Martínez-Taberner (1983). La Societat d'Història Natural de les Illes Balears, postulada com una via eficient de publicacions, va servir a l'autor per publicar el seu article *La franja dunar de la Badia d'Alcúdia (Mallorca). Estat actual de la màquia Juniperus oxycedrus L. Subsp. macrocarpa (Sibth. Et Sm.) Ball.* (Martínez Taberner, 1983), esdevenint com una de les primers publicacions amb objecte exclusiu de cap a la Badia , i ja no compartint el seu contingut amb la resta de la costa mallorquina, rompent d'aquesta manera la dinàmica seguida per les publicacions anteriors. L'objecte de l'estudi es postula com una revisió del perfil fet per Bolos i Molinier (1958), presentant la descripció del procés de successió pírca que es donava en una àrea del sistema dunar, fruit d'un incendi ocorregut al 1978.

Joan Cuerda, personatge destacat dins el coneixement del quaternari i geomorfologia litoral, també va deixar algunes referències pel que fa a la Badia d'Alcúdia. En alguna de les seves obres (Cuerda, 1975; 1989) exposa al públic la relació de coneixements en quant als afloraments quaternaris de la costa mallorquina, tot explicant els orígens i processos de formació. És a la segona de les obres esmentades quan es refereix a la Badia d'Alcúdia, destacant l'existència d'una jaciment del Pleistocè superior a la zona de Can Picafort.

Cuerda *et al.* (1991) publica *Malacofauna y estratigrafía del Pleistoceno superior marino de Son Real (Santa Margalida, Mallorca)*, que té com objectiu l'estudi del jaciment del Pleistocè superior a Son Real (Badia d'Alcúdia), ja esmentat a l'obra de (Cuerda, 1989), centrant-se a més amb el descobriment de gasteròpodes fòssils localitzats a la zona.

El 1997 és un punt clau pel que fa a l'estudi dels sistemes dunars a les Illes Balears, també afectant de ple a la caracterització d'aquests al llarg de la Badia d'Alcúdia. És l'any en que Jaume Servera llegeix la seva tesi doctoral, *Els sistemes dunars litorals de les Illes Balears* (Servera, 1997), dins el sí del Departament de Ciències de la Terra de la Universitat de les Illes Balears, sota la direcció dels Drs. Antonio Rodríguez Perea i Miquel Grimalt Gelabert. Aquesta es situa com la primera tasca d'investigació centrada exclusivament en la caracterització i l'anàlisi dels sistemes dunars a les Illes Balears, complementada d'una excel·lent tasca cartogràfica. Al llarg del seu contingut, es troben referències específiques als sistemes dunars de sa Canova, Son Serra, Son Real i Son Bauló, així com d'es Comú de Muro. Rose *et al.* (1999) es publica al *Journal of the Geological Society* l'article sota el títol *Palaeoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain*, el qual parla dels efectes provocats pels canvis en el nivell del mar, concretament a la zona Calo d'es Camps, dins la Badia.

A partir de 2001 es percep un canvi de tendència pel que fa als estudis referits fins al moment a la Badia d'Alcúdia. Es passa doncs de publicacions espontànies, no periòdiques i de caire general, a la publicació d'estudis més específics i amb una major divulgació científica. Aquest fet és paral·lel a l'interès que institucions científiques i universitàries comencen a assolir al respecte. González Hernández *et al.* (2001) publiquen a la revista *Cuaternario y Geomorfología* l'article *Actividad eólica. Cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (Litoral de Mallorca, Islas Baleares)* on ens senyalen el comportament i la dinàmica eòlica de la Badia d'Alcúdia al llarg dels darrers 140.000 anys, complementant-ho amb un mapa morfoestructural de l'illa, on es cartografia el règim eòlic i al·luvial de les diferents conques, entre elles la d'Alcúdia.

La Universitat de les Illes Balears, a través del seu Departament de Ciències de la Terra, ha estat un clar exemple de l'estudi detallat de la Badia d'Alcúdia. Servera (2002) publica a la revista *Eurosion* l'estudi que anomena *Case study. Can Picafort, Isle of Mallorca, Spain*. Aquesta es pot considerar com la primera publicació que, des d'un punt de vista geomorfològic, es centra de manera transversal amb el que succeeix, per una banda al sector de Can Picafort, però no allunyant-se del sí de la Badia d'Alcúdia. Servera (2002) tracta i explica amb significativa precisió l'estructura geològica de la Badia, tant a nivell estructural com a nivell geomòrfic dels seus materials. Els processos físics, centrant-se sobretot amb l'erosió – tipus i causes –, també ocupen bona part d'aquest treball. A més, ens acostava als factors socio – econòmics que han afectat la fisonomia costanera de la zona, tals com la densitat demogràfica i el canvi d'usos en el sòl, tot conjugant-ho amb una vasta representació gràfica dels continguts que es redacten mitjançant representatives figures i fotografies, per acabar amb la proposta de solucions i mesures per tal de millorar la situació ambiental del moment.

Al mateix any, Servera, junt amb els Drs. Bernadí Gelabert i Antonio Rodríguez-Perea, publiquen *Características geomorfológicas del sistema dunar de la Bahía de Alcudia , - isla de Mallorca-* (Gelabert *et al.*, 2002). Aquest es postula com el primer article que es centra única i exclusivament amb l'estudi de tota la Badia ,i sense tenir per objecte cap sector en concret. Aquests autors descriuen de manera precisa a la morfologia del sistema dunars que es localitzen a la llarg de la badia, tot explicant les característiques de cada un dels factors que incideixen – direcció del vent predominant, característiques de la coberta vegetal, topografia limítrofa, processos de subsidència – aconseguint projectar una visió exacte de la realitat geomorfològica d'aquests ambients. Un any més tard, Mateu *et al.* (2003) publiquen un article que posa en relació els mecanismes ecològics de l'infralitoral amb la caracterització sedimentària del supralitoral, incloent dins l'àmbit d'estudi les platges de la badia d'Alcúdia, entre altres.

Roig-Munar i Comas Lamarca (2005) fan una proposta de classificació a través de la publicació *Propuesta de un modelo de clasificación para las playas de las Islas Baleares mediante el análisis de variables de uso, estado y gestión*. Tot i que el còmput de

l'article es centra en les platges de les Balears, deu d'aquestes es localitzen a la pròpia Badia - Alcanada, platja d'Alcúdia, platja de Muro A, platja de Muro B, Ca'n Picafort, Son Bauló, Arenal d'en Casat, platja es Dolç, sa Canova, i la platja de sa Colònia de St. Pere -. Els autors centren la seva tasca en analitzar cada una de les platges en base a 20 variables d'ús, estat i gestió, obtenint així informació empírica per establir-ne una classificació. A partir d'aquesta, i coneixent la història recent de la gestió aplicada a les unitats d'estudi, s'identifiquen escenaris tendencials i s'exposen els canvis que s'haurien d'introduir en la gestió de les platges per millorar-ne la seva situació, i per assegurar-ne una millor conservació.

Balaguer *et al.* (2006) proposa una zonificació del litoral balear front a un possible abocament d'hidrocarburs. Aquesta zonificació, basada en criteris morfodinàmics, biològics i socioeconòmics, es presenta amb la finalitat d'establir un Índex de Sensibilitat Ambiental (ISA), incloent, també, tota la línia de costa que delimita la Badia d'Alcúdia. Martín Prieto i Servera (2006), a partir de l'anàlisi de fotografies aèries corresponents a sis anys diferents, ens ofereixen una interpretació de l'evolució i retrocés de la primera línia de costa del sector comprès entre s'Oberta del Gran Canal i el port d'Alcúdia, conseqüència de la proliferació d'infraestructures artificials. Finalment, Basterretxea *et al.* (2006), es centren amb les conseqüències de la regeneració artificial de la platja de Can Picafort, després de la forta erosió soferta amb el temporal que es va produir al novembre de 2001.

Finalment, Servera *et al.* (2009) realitzen una revisió d'articles anteriors (Servera, 2002; Gelabert *et al.*, 2002), aproximant de manera més precisa i fonamentada l'origen, l'evolució, i la situació geomorfològica de la Badia d'Alcúdia i dels seus sistemes dunars.

Seria injust acomiadar aquest apartat sense fer referència a les abundants, i alhora valuoses aportacions al coneixement de s'Albufera per part de persones anònimes, que sense ànim de lucre han afegit contingut al sí científic que avui dia explica el caràcter i funcionament de s'Albufera com espai geogràfic. Un bon exemple d'aquestes manifestacions anònimes es troben en molts casos en publicacions inèdites, que sense

haver sortit a la llum pública, suposen un afegit de qualitat pel saber d'aquest espai natural, (Lillo, 1989; Howe, 1989; Juncosa, 1991; Fox, 1992; Jurado, 1992; Marcus, 1992; Mir-Gual, Bergas-Rydenfords, 2007; Mir-Gual i Fornés-Comas, 2008).

### **1.1.3 Es Comú de Muro**

Quan parlem de es Comú de Muro ens referim a la zona dunar que quedà inserida dins els límits del Parc Natural de s'Albufera amb la seva declaració a través del Decret 4/1988. Avui dia esdevé l'única zona dunar "verge" de la restinga arenosa que tanca i separa s'Albufera de la mar. No obstant, aquest és un indret molt pressionat des del punt de vista antròpic, veient-se limitat per infraestructures sòlides en cada un dels seus límits. Precisament, el desenvolupament urbanístic anterior a la dècada dels anys vuitanta va ser el que provocà la destrucció de bona part del sistema dunar que tancava la zona humida, deixant al marge el que avui es coneix com es Comú. No obstant, i tenint en compte l'estat ecològic sobre el que encara es troba aquest espai, la producció bibliogràfica ha estat molt minsa, sobretot si ens referim a estudis fets amb objecte específic sobre la franja dunar. Dos en podrien ser els motius; en primer lloc les petites dimensions amb les que compta l'indret, i d'altra banda, el pes d'importància adquirit per la resta del parc, especialment les zones humides. Resultat d'aquest fet, les referències bibliogràfiques que tenim sobre aquest espai s'expressen des d'un caire general, inserides majoritàriament dins obres o publicacions que abracen zones d'estudi més amples, moltes d'elles ja citades al llarg dels apartats anteriors.

Fiol Tornilla i Payeras Capo (1993) dediquen una petita part del seu contingut a les platges de Muro, i a la vegetació costanera que es pot trobar a la franja dunar de es Comú. A l'any vinent, Schmitt, (1994) publica un article articulat sobre la degradació vegetal de es Comú de Muro, establint una comparació cartogràfica on es posa de manifest la fragmentació que aquest espai ha rebut conseqüència de l'obertura de camins en el seu interior des del 1968 fins a 1990. Al 1997, la tesi doctoral del Dr. Jaume Servera (Servera, 1997) contempla un apartat que parla, única i exclusivament, del sistema dunar d'es Comú de Muro. Aquesta doncs, tot i que dins una obra que

s'estén més enllà de la zona d'estudi, n'és la referència bibliogràfica més ample que en podem trobar a dia d'avui. L'autor ens presenta una visió transversal i fonamentada dels trets geomorfològics i físics de la zona, redactant sobre el seu marc estructural i climàtic, característiques i morfologia del sistema platja – duna (platja, *foredunes*, dunes semiestabilitzades i estabilitzades), concloent amb l'estat de conservació del sistema.

Altres referències de caire genèric les trobem per exemple a Blàzquez (1998), qui proposa d'establir una xarxa diversificada i jerarquitzada d'espais natural protegits envers al seu ús i a la gestió aplicable, classifica es Comú de Muro com a platja massificada i multifuncional, atribuint-li com a característica la seva situació de degradació i conflicte d'usos, fet pel que situa com acció justificada l'aplicació de mesures de gestió de l'ús públic i el filtratge d'usuaris cap a zones adjacents més residencials i urbanitzades. *The Albufera International Biodiversity Projecte Annual Report 2008* dedica un dels seus apartats a n'és Comú de Muro, concretament a l'estudi de la *Distribució de les poblacions de Thymelaea velutina i de Juniperus oxicedrus subsp. macrocarpa a les dunes d'Es Comú, PN de s'Albufera, Mallorca* (Riddiford i Ferriz, 2008).

Finalment, alguns documents editats pel Parc acullen també referències descriptives sobre la seva franja dunar. Dins el sí de la Guia de passeig del parc, (Massutí *et al.*, 2005) destinen temps i espai per parlar sobre la seva platja i dunes. La darrera referència editada la trobem al monogràfic sota el títol *20 anys del Parc Natural de s'Albufera* (Perelló, 2008), en el qual Servera (2008) s'ocupa de parlar-nos sobre la importància dels sistemes platja – duna de s'Albufera i de la seva conservació.

## **1.2. CONFIGURACIÓ DE L'ESPAI LITORAL**

En una primera aproximació geogràfica, el litoral és un espai al voltant de la línia de costa, zona de contacte entre mar i terra, frontera entre dos medis diferents, i per tant, àrea d'interrelació. No obstant, i a diferència d'altres, aquest és un espai que

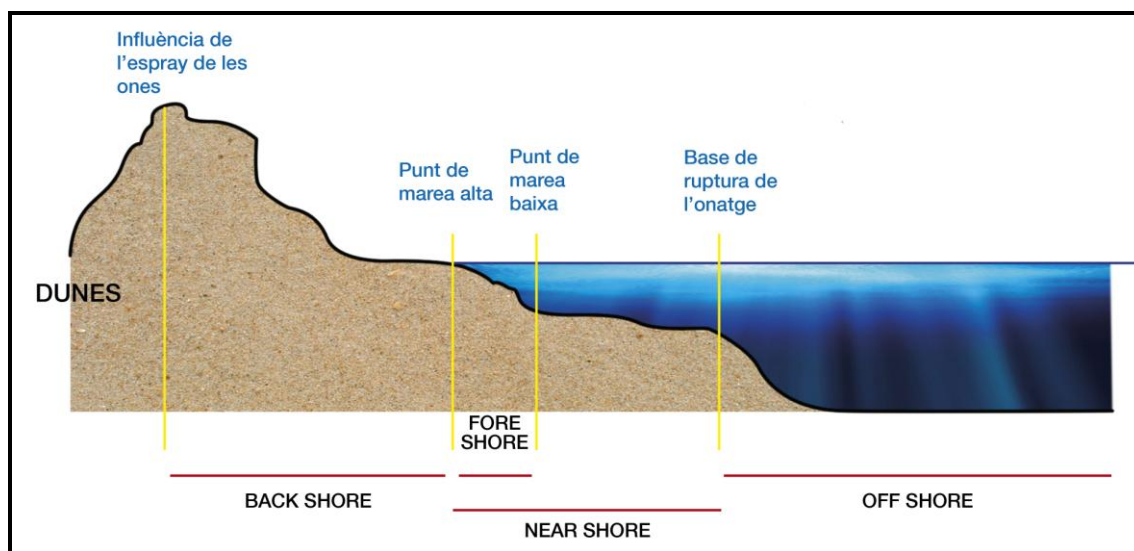
terminològicament parlant es caracteritza per la seva imprecisió, ja que coexisteixen un conjunt de vocables que, amb igual generalitat, fan referència al mateix àmbit, tals com litoral, costa, ribera, etc. (Suarez de Vivero, 1997). A part de la seva vulnerabilitat a l'hora de ser definit, una de les peculiaritats més importants és que esdevé un espai dinàmic, constituint coetàniament un territori que constantment s'està transformant. Amb el pas de les dècades, aquest ha anat evolucionant cap a un espai de base i de confluència entre diferents activitats socio-econòmiques i humanes, lloc on es localitzen rellevants concentracions demogràfiques i industrials, i, des dels temps més contemporanis, és també un indret que es transforma i s'adapta en funció de les estructures urbanes i productives. A mode d'exemple, en casos com el de Balears, des de l'explosió turística a meitats del segle XX, les activitats recreatives i d'oci a la zona costanera no han deixat d'augmentar exponencialment, suposant paral·lelament, un increment de les infraestructures associades. A més, altres activitats tradicionals com la pesca, han seguit el seu camí influint també sobre els ecosistemes marins. Tot plegat ha generat, sens dubte, una força amb capacitat de condicionar la zona costanera actual (Blázquez, 1998).

Amb tot, és difícil trobar una definició única de litoral o zona costanera, i que a la vegada sigui aplicable de forma satisfactòria per a les diferents disciplines. Més complicat és encara però, tractar de delimitar aquest espai en criteris tècnics i científics vàlids per a l'ordenació del territori. Ens referim al seu caire jurídic, establert per la Llei de Costes 22/1988, de 28 de juliol, i on no es proporciona una definició del què es i suposa l'espai litoral, sinó que tan sols el limita a establir referències a l'hora de delimitar el domini públic marítim.

Possiblement, doncs, i com ens mostren alguns autors (Nordstrom, 2000). la manera més objectiva de traçar aquesta definició seria tractant factors físics i humans, empíricament apreciables, i que tenguin relació directa amb aquest espai.

Autors com el mateix Nordstrom (2000) creuen que l'espai litoral és aquella franja a la qual hi arriba la influència de la terra i de la mar. No obstant, aquesta afirmació es podria vulnerar, sobretot a l'hora de definir fins on arriba exactament cada una de les

influències esmentades, amb èmfasi sobre fins on s'estén la terrestre dins la mar. D'aquesta idea n'han sortit representacions gràfiques en les quals ja s'han utilitzats els paràmetres físics com a definidors de l'espai litoral i de la seva zonificació interna (Figura 2).



**Figura 2:** Esquema general de l'espai litoral en costes sedimentàries arenoses.

Al parlar de la costa no ens hi podem referir des d'un punt de vista simple, homogeni. La seva caracterització hauria d'anar molt més enllà de les característiques intrínseques de cada emplaçament. Les peculiaritats de l'entorn a una major escala i les forces i els processos que hi actuen (Pethick, 2001) en seran imprescindibles si volem conèixer qualsevol indret litoral des d'un prisma transversal. Així diferenciarem les costes altes, amb presència de penya-segats i importants mecanismes d'erosió, i d'altra banda les costes baixes, caracteritzades per ocupar zones deprimides amb processos intensos de sedimentació.

No es poden obviar tampoc els canvis eustàtics, és a dir, els relacionats amb els canvis generals del nivell del mar, causats bé per deformacions de les cubetes oceàniques que modifiquen la seva capacitat, o bé per les variacions del volum dels oceans i mars a causa de la formació i fusió dels glaciars al llarg del Quaternari (Nonn, 1987). Els moviments orogènics, tectònics, o isostàtics, paleorègims de vents i corrents, i dades paleoclimàtiques que hagin afectat al llarg de la història geològica a les masses



continentals, també són un dels factors que han influenciat amb la fisonomia i diferenciació de les costes actuals.

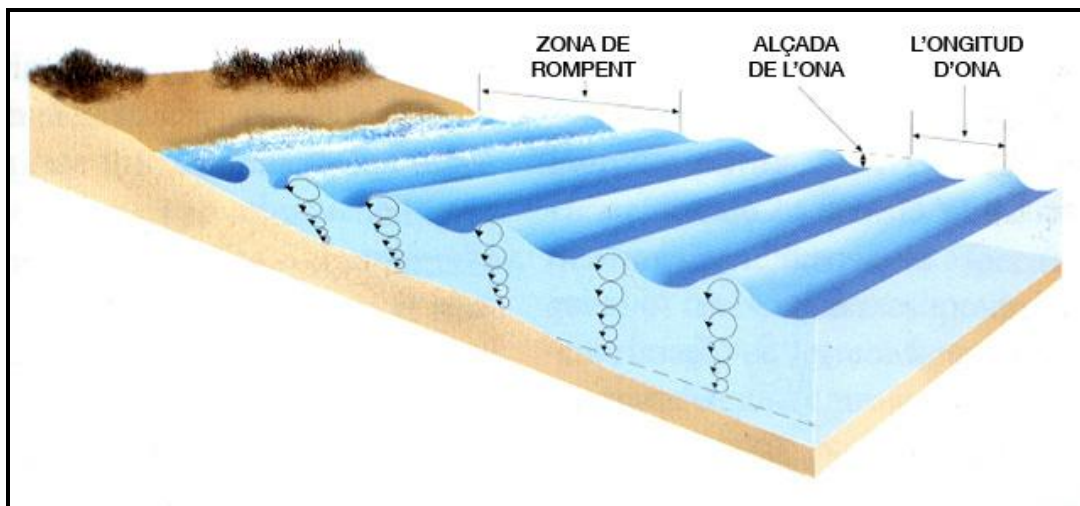
Les costes sedimentàries són les més vulnerables a l'hora de ser modificades, sigui per condicions i comportaments naturals, o bé per l'acció de l'home. No obstant, el fet més determinant és la quantitat d'energia que reben, i en conseqüència, de la intensitat de la dinàmica litoral (Servera, 2004).

En el cas del litoral nord-occidental de la Mediterrània, els agents dinàmics que influencien més en l'evolució del litoral són l'onatge, la deriva litoral, el vent, les seques i els corrents marins. S'ha de tenir en compte que la influència de les marees és pràcticament nul·la a la mediterrània occidental, i que els efectes que ocasiona aquest fenomen sobre la costa, a la llarga, són més bé insignificants (Viñals, 1999).

D'altra banda, i tornant a les marees, si bé aquestes no tenen un efecte gaire important, la Mediterrània és un mar micromareal (Ojeda, et al. 2009) tot just amb una amplitud màxima de 25 centímetres. Tot i la feblesa d'aquesta xifra, aquest fenomen es pot apreciar, sobretot, als mesos d'estiu, amb un període d'uns quants minuts. Així, en determinades condicions meteorològiques es poden donar variacions del nivell de la mar, mostrant com la pressió atmosfèrica pot ser un condicionant de pes en el nivell del mar (Ramírez i Candela, 2003). Paral·lelament hi ha altres agents que, en casos específics, poden jugar un paper important, com és el cas de les ones llargues.

Per les condicions de la conca mediterrània i les característiques de la mar, amb l'absència ja comentada de marees, l'agent mecànic que més importància té sobre la configuració del litoral sedimentari en són les onades. És cert que el poder erosiu d'aquestes s'exerceix en tot tipus de costa, però en essencial, actua sobre les costes deprimides i amb deposició sedimentària, on l'efecte sobre els materials no consolidats (arena, còdols, fangs, etc.) és superior que el que es dona sobre un penya-segat.

L'onatge es genera per la transferència d'energia del vent sobre la superfície d'aigua de la mar. Com que el Mediterrani és un mar tancat i petit, i en el nostre cas, la superfície de mar disponible per la generació d'onatge (*fetch*) també és limitada, les onades generades són, majoritàriament, de període curt, les quals es mouen més poc a poc i conseqüentment perden més energia a mesura que es dirigeixen cap a la primera línia de costa (Pethick, 2001).



**Figura 3:** Esquema representatiu de la formació i evolució de l'onatge fins a la zona de trencament. Modificat de Servera (2004).

L'efecte de l'onatge sobre el litoral té dos aspectes importants a considerar: remoure i posar en suspensió el material que el constitueix (si el litoral està format per materials no cohesius), i traslladar-lo en el sentit resultant de l'angle d'incidència de l'onatge respecte de la costa. Els factors que intervenen en aquest procés de remobilització i transport en el litoral són bàsicament l'alçada de l'ona, el seu període, l'angle d'incidència respecte a la línia de costa, i el pendent del fons marí. Tant l'alçada com el període de les ones són els que condicionen de forma directa l'energia d'aquesta. L'efecte de les ones sobre el fons marí comença a ser perceptible a partir d'una fondària igual o inferior a la meitat de la longitud de l'ona (Servera, 2004).

Quan les ones s'acosten a la costa, van perdent velocitat en el seu camí. Així, aquestes disminueixen el seu període i la seva longitud d'ona. D'aquest fet se'n deriva que vagin augmentant la seva altura fins que arriben a trencar-se (Figura 3).

Un altre dels factors amb influència sobre la morfologia del litoral és el vent. Aquest, en termes generals, es considera com un factor de segon ordre pels seus efectes directes sobre la franja costanera. Deixant a banda que és l'agent que genera l'onatge (Servera, 2004), la seva tasca és limitada a actuar com agent transportador. No obstant, en els camps de dunes d'alguns sectors del litoral, principalment a les costes baixes, el vent pot convertir-se en un factor de primer ordre, ja que el transport eòlic esdevé un agent de gran magnitud en el subministrament o en l'efecte imbornal dels sediments, sent especialment important en els indrets del litoral on s'hagin donat significatius processos de sedimentació i posterior formació de camps dunars. Per tant, la gènesi dels sistemes dunars, així com la seva disposició i orientació, són producte de l'actuació d'un flux eòlic, per la qual cosa la seva caracterització n'és un aspecte clau a l'hora d'estudiar-los i analitzar-los (Hernández Calvento, 2002).

El vent també desplaça terra endins l'esprai salí que aixeca l'escuma dels romponents de l'onatge, provocant una important ampliació de la zona terrestre sotmesa a l'influx marí i constitueix un efectiu factor limitador de les comunitats vegetals i animals que poden viure a la costa. La reducció del nombre d'espècies i individus que implica la proximitat a la línia de costa, també representa una progressiva pèrdua de sòl en direcció cap aquest llindar (Servera, 2004). Igualment, com a conseqüència del vent, resulten afectats el creixement i la diversitat d'espècies vegetals de cap a la primera línia costanera, limitant-se sols a la supervivència de matolls baixos i algunes espècies herbàcies, com és el cas de l' *Ammophila arenaria* o *Juniperus oxycedrus* (Novo Mesegué, 2002)

Una de les característiques a destacar del vent, i que afecta de ple a la tasca que ens ocupa, n'és la seva capacitat de mobilitzar partícules de sediment quan aquest supera una velocitat de 4,5 m/s (Bagnold, 1954). En aquest sentit, les partícules que el vent mou, sempre de dimensions iguals o inferiors a un gra d'arena, poden impactar entre elles mateixes o contra el rocam, provocant el seu trencament i donant lloc a un procés d'erosió eòlica. No obstant això, aquesta mobilització de partícules també representa un transport i una posterior acumulació del sediment, on la seva implicació

en la zona litoral cal diferenciar-la segons sigui un penya-segat o un sistema platja – duna (Servera, 2004).

El transport eòlic es manifesta amb el moviment dels grans d'arena arreu dels diferents emplaçaments en el sistema. Des del prisma de la dinàmica eòlica de sediment, aquest transport està condicionat i caracteritzat per tres paràmetres diferents: a) els mecanismes de transport, b) la intensitat de transport i c) les característiques texturals i de composició del sediment transportat (Hernández Calvento, 2002), afegint també la importància de la quantitat de sediment disponible en el sistema, i de la seva estabilitat en el terreny.

Autors com Pethick (2001) afirmen que, en el casos de litorals d'acumulació, el moviment de les partícules d'arena dins l'aire configura un procés extremadament complex, però que necessàriament s'ha de comprendre si es vol entendre per complet el procés de formació i la morfologia del camp dunar. Els sistemes de platja eixuta constitueixen unes superfícies d'arena perfectes perquè, quan es donin les condicions idònies, el vent mobilitza el sediment. Els resultats morfològics d'aquest procés són notables degut a la formació de morfologies arenoses. Aquestes formes eòliques, que s'estenen per darrera la platja alta, evolucionaran terra endins formant els camps de dunes. L'efecte del vent pel que respecte a la seva capacitat de mobilitzar i construir formacions arenoses dependrà de la seva velocitat, i d'altres factors com la mida de gra, la forma d'aquesta, i la presència de vegetació psammòfila.

Els règims de vents litorals a les Balears està íntimament lligat al comportament del règim a escala regional. En l'estació freda hivernal i en les dues de transició, primavera i tardor, predominen els vents de component N, seguits dels de component W. En canvi, durant l'estació més càlida predominen els de component E (Servera, 2004)

Els corrents litorals són també un dels agents que influencien en la formació morfològica de la franja litoral. Aquests assoleixen rarament valors suficients per a poder remodelar el fons marí o la cosa en sí. Realment, sols tenen importància amb el

transport de sediment aigües enfora, la qual cosa si que es converteix en fonamental per a la seva distribució (Pethick, 2001; Servera, 2004).

A la zona de fregament i posterior ruptura de l'onatge, aquest desplaça una massa d'aigua important cap a la línia de costa. El reiterat desplaçament de l'aigua provoca una concentració significativa que és compensada pel seu retorn cap a la mar mitjançant corrents de fons i en sentit contrari - Segons (Servera, 2004), anomenats corrents de retorn o de ressaca -. En aquest tipus de corrents perpendiculars a la primera línia costera però, cal diferenciar-hi dos tipus de models: un primer que correspon a un retorn difús, poc organitzat i de difícil observació, i un segon que es caracteritza per una organització del flux de retorn en cèl·lules (*rip currents*), que es defineixen en corrents concentrats i organitzats que poden arribar a velocitats relativament altes (Servera, 2004). A part de l'onatge, tot i que d'una forma més indirecta, el vent predominant també influeix en la direcció i el comportament de les corrents litorals (Marquès i Julià, 2005), així com també la morfologia i rugositat del fons marí (Esteban Chapapria, 1999)

Un altre tipus en són els anomenats corrents longitudinals. Aquests es produeixen quan l'onatge incideix amb un cert angle sobre la línia de costa i és refractat, projectant un vector d'energia paral·lel a la vorera en el sentit de l'onatge. Aquest tipus de corrent, coneguts com deriva litoral, són de baixa velocitat, i afecten únicament a la zona situada entre el rompent de l'ona i la línia de costa. A les Balears són poc coneguts, degut a la morfologia retallada de la costa insular. Tot indica que només es manifesta en emplaçament litorals amples com en són les badies Palma i Alcúdia (Servera, 2004).

L'efecte dels corrents litorals es materialitza quan les ones rompen prop de la línia de costa. És en aquest moment quan es posa el sediments del fons marí en suspensió, per a que a continuació, les corrents de retorn i la deriva litoral facin la seva feina redistribuint el sediment al llarg de la costa (Soledispa, 2007)

Els sediments, en especial l'arena però també els còdols i la grava, són transportats pels corrents i dipositats a la platja per les onades. A partir d'aquest moment el vent començarà a fer-hi feina, generant les morfologies arenoses abans comentades.

Fins al moment s'han analitzat quins són els agents mecànics i físics que afecten en la configuració del litoral. Si més no però, els agents biològics també recalen significant importància pel que fa a la formació, modificació i configuració de la franja costanera (Servera, 2004). No obstant, aquests segons destaquen més pel seu paper constructiu o de protecció del litoral que per la seva implicació en els processos d'erosió.

La biodiversitat de les zones costaneres és un atribut altament complex, resultant de la interacció entre múltiples factors físics i biològics (Carleton, 1991; Ricklefs i Schluter, 1993; Vasquez *et al.*, 1998). Amb els anys, la comunitat científica ha demostrat de la importància que hi té el seu coneixement per arribar a una millor comprensió del funcionament i la fisonomia costanera.



**Figura 4:** Les praderies de *P.oceanica* són font principal del sediment que dona lloc a les platges de Balears, a més d'un hàbit amb un alt valor ecològic. **Font:** Biel Perelló ([www.bloc.bielperello.com](http://www.bloc.bielperello.com)).

En el litoral balear cal destacar el rol que tenen les prades de *Posidonia oceanica* (Figura 4). El conjunt d'espècies que formen aquestes praderies, tenen un paper insubstituïble en l'estabilitat dels litorals d'acumulació. La *Posidonia* és una planta endèmica de la mediterrània, que colonitza el fons marins arenosos. Aquesta planta (*seagrass*), popularment anomenada "alga", és una fanerògama marina i, per tant,

amb veritables tiges, fulles, flors i fruits. Per aquest motiu, i a l'igual que les plantes terrestres, la llum del Sol esdevindrà un paper clar per la regulació de la seva abundància i distribució (Ruiz i Romero, 2001). Es troba en formacions de prades submergides, que a les Balears, com a espècie fotòfila, es poden estendre fins a profunditats a prop de 40 metres, depenent molt de la claredat de les aigües i de la seva agitació.

De fet, les prades de *Posidonia oceanica* constitueixen els ecosistemes marins més importants de la Mediterrània per una doble raó: des del punt de vista biològic afavoreixen l'assentament i la colonització de diversos organismes i espècies. Mentre que des del punt de vista dinàmic i morfològic de la platja, constitueixen una peça clau en la producció de sediment i en la seva estabilització. Són uns ecosistemes madurs i amb una major producció de biomassa i de sediment que la resta d'associacions vegetals submarines de fons arenós (Servera, 2004)

Aquesta planta es caracteritza també per tenir un gran nombre d'epífits sobre ella. Principalment a l'època de tardor, quan es produeixen les majors tempestes de mar, les plantes perden les seves fulles externes. En aquest procés, gran part dels organismes queden atrapats a la pròpia praderia, i d'altres són transportats cap als dipòsits de sediment aeris. És d'aquesta manera que, l'eliminació de les praderes de *Posidonia* té dues connotacions negatives per a l'evolució i conservació de les platges. En primer lloc, l'eliminació d'aquestes suposa una disminució de la producció de sediment que després arriba a la platja alta, derivant-ne una reducció d'aquesta. D'altra banda, les acumulacions de fulles mortes a sobre de les platges suposa un fenomen de protecció molt important. És per això que si aquestes acumulacions són retirades, el substrat arenós queda força desprotegit envers a l'energia refractada per les ones. Les tècniques utilitzades actualment per la retirada de bermes de *Posidonia* són un factor erosiu puntual que s'agreuja mitjançant les realitzacions sistemàtiques en el temps i en l'espai, creant de forma constant una pèrdua sedimentària al sistema, el qual depèn dels aportaments biogènics produïts en les praderes de *Posidonia oceanica*. Seguir amb aquestes tècniques pot suposar l'increment de balanços sedimentaris negatius en molts de sistemes platja-duna, fet que pot dur en sí accions

tals com regeneracions artificials (Roig i Martín Prieto, 2005), com ja en va ser l'exemple, entre d'altres, la platja urbana de Can Picafort (Mallorca) a l'any 2002 (Basterretxea *et al.*, 2006), després del temporal que hi ha haver al setembre de 2001, el qual va arrasar la platja degut a la desprotecció d'aquesta.

Dins dels agents biològics, és necessari destacar també el paper que juguen les restes esquelètiques de les comunitats animals, que habiten en els bancs arenosos submergits entre les praderes de *Posidonia* i la línia de costa. La descomposició d'aquestes restes, mitjançant els mecanismes d'erosió impulsats i provocats pels diferents agents mecànics, suposen una font de sediment bioclàstic important pel nodriment de les platges (Servera, 2004).

En el sistema platja – duna també s'ha de considerar la presència i el paper que juga la vegetació subaèria existent, amb incidència directa sobre les estructures arenoses que es formen i la seva morfologia, així com en l'equilibri i estabilitat de les platges (Servera, 2004). La vegetació psammòfila representa un paper important en la retenció de sediment i l'estabilització de les dunes, en gran part, pel fet de suposar un fre de la dinàmica litoral eòlica, al temps de suposar un considerable element de fixació del grans d'arena, conseqüència de la seva pèrdua de velocitat.

Són poques espècies les que poden sobreviure a tan altes condicions de salinitat i amb un substrat molt permeable (Pethick, 2001). Algunes d'aquestes espècies necessiten de continus subministraments d'arena, mostrant una molt bona adaptació al substrat mòbil on s'ubiquen, bé amb el desenvolupament d'un sistema de arrels vertical, o bé, amb sistema radiculars extensos i superficials que els hi permeti aprofitar la humitat ambiental (Hernández Calvento, 2002). En els ecosistemes dunars de les Balears destaca una espècie, el borro (*Ammophila arenaria*), que colonitza el cordó de dunes davanteres, sent la més ben adaptada a la mobilitat del substrat, ja que és capaç de suportar el seu enterrament d'arena i l'abrasió que provoca el seu transport. D'altra banda, conseqüència de la seva estructura aèria, compta amb una significativa capacitat de retenció de sediment. No obstant, les comunitats d'*Ammophila* són les més afectades degut a la destrucció i sobre utilització de la primera línia de costa



(Costa i Mansanet, 1981). Altres espècies de vegetació psammòfila en són el card marí (*Eryngium maritimum*) o el lliri de mar (*Pancratium maritimum*).

A part de les pròpies dunes, així com del vent i la seva direcció predominant, per explicar la distribució de la vegetació dins el sistema, no ens podem oblidar del factor sal, tant en suspensió, com la continguda en el sòl. Alguns estudiosos afirmen de la importància a considerar l'esprai salí com un factor ecològicament important dins el sistema platja – duna, i per la distribució de la vegetació que en ell es troba. L'esprai salí, conseqüència de l'acció de l'onatge i posterior transport del flux eòlic, es mostra a més, com una font important de nutrients i factor controlador de la distribució vegetal. (Boerner i Forman, 1975) afirmen també, que l'esprai salí pot limitar la distribució de plantes vasculars dins l'ecosistema dunar, per la qual cosa obliga a que les espècies vegetals existents, hagin de ser tolerants a les característiques salines de l'espai.

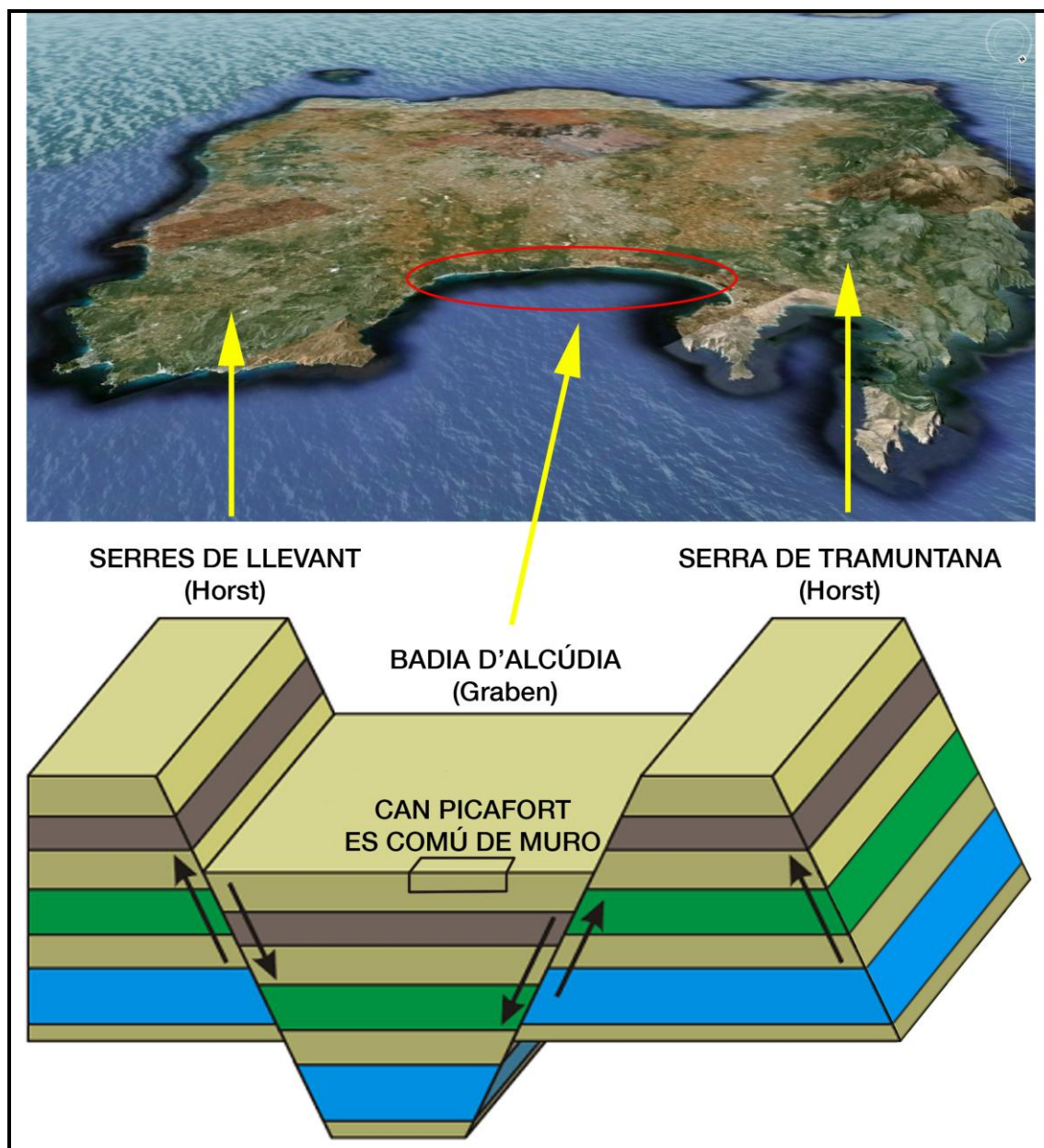
La salinitat en els ambients dunars està íntimament relacionada, també, amb la capil·laritat de les arenes. Conseqüentment, als sòls dels ambients dunars, sobretot a les zones més deprimides del sistema, l'aigua edàfica torna molt salina en el procés d'evaporació, formant en superfície unes crostes salines (Pye i Tsoar, 1990). Aquestes, degut a la seva textura, constitueixen un important factor d'oposició al procés d'erosió per deflació.

El substrat edàfic d'aquests ambients es caracteritza pel seu alt contingut en sals, conseqüència de les aportacions contínues de sal pel fet de ser un espai limítrof amb la mar. L'aportació de sal cap al sòl dels ambients dunars es produeix, majoritàriament, a través de l'aigua, podent diferenciar tres processos diferents: a) la que prové de l'esprai marí, b) fluxos d'aigua en superfície (ones dipositades sobre la platja alta o *foredunes*) i c) fluxos d'aigua subterrània (Hernández Calvento, 2002).

En la present tasca, centrada en una zona litoral amb predominança absoluta de processos d'acumulació, obviarem entrar en l'anàlisi dels processos químics costaners, ja que aquests es manifesten majoritàriament a zones litorals rocoses i penya-segats.

### 1.3. CARACTERITZACIÓ DE L'ESPAI LITORAL

A les Illes Balears tenim aproximadament un total de 1.239 km de línia de costa (Servera, 2004). Al llarg d'aquests s'hi pot apreciar un clar, tot i que no absolut, domini dels penya-segats. No obstant, la diversitat passa per sobre l'homogeneïtat quan parlem de tipus de costa a l'arxipèlag balear.



**Figura 5:** Esquema representatiu de l'estructura geològica a la badia d'Alcúdia (Mallorca), amb alternança de blocs aixecats – Serra de Tramuntana i Serres de Llevant – i zones deprimides – badia d'Alcúdia –. Tal i com es representa a la figura, la zona d'estudi es troba inserida dins la zona deprimida, al sector N de la mateixa badia.

Existeixen molts tipus de costa, cada un dels quals presenta unes característiques úniques degut a les diferents masses rocoso-terrestres contra les quals els mars i oceans es veuen obligats a interactuar (Strahler i Strahler, 1989). D'aquesta afirmació, ja podem diferenciar entre costes rocoses o altes, i costes baixes o de sedimentació.

D'acord amb les característiques de la zona d'estudi, al llarg d'aquest treball es farà especial èmfasi a les costes d'acumulació, en les que, com és sabut, els materials que hi trobem tenen el seu origen en la deposició de la mar (Pethick, 2001). Aquest tipus de litoral es caracteritza pel seu dinamisme i vulnerabilitat envers als canvis provocats per factors ambientals, fet que provoca alternança de balanços positius de sedimentació amb balanços negatius (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000).

Les costes d'acumulació, tot i que les podem trobar inserides entre costes de penya-segats, abunden en zones estructuralment enfonsades i amb processos de subsidència (*grabben*) (Figura 5). De fet, segons Gelabert, *et al.* (2002) un dels factors que ens determinarà la forma i l'escala de les acumulacions d'arena eòlica, en seran les taxes d'aixecament tectònic i subsidència. A l'illa de Mallorca, trobem tres exemples clars que representen a la perfecció aquest tipus de costa, com són les badies de Palma i d'Alcúdia, i la conca de Campos.

### **1.3.1. Els sistemes platja-duna**

El sistema platja-duna és una de les manifestacions més conegudes en les costes d'acumulació. Cal pensar que, al llarg del litoral de les Balears, el sistema platja – duna és el més complex i, a la vegada, el més fràgil de tots. És una superfície on el seu equilibri es fonamenta en una perfecta simbiosi entre el món biòtic i abiòtic, el món submergit i l'emergit.

Els elements claus que defineixen aquest sistema, segurament la part dunar sigui la més característica, tot i que no més important que les demás. Bauer i Sherman (1999) afirmen que les dunes són components fonamentals per la geomorfologia de la majoria de costes arenoses arreu del món, seguint amb que aquestes suposen un

*buffer* de protecció de la costa enfront de la seva erosió. Segons Hernández Calvento (2002), i definit també per (Criado, 1988), es poden definir com dunes aquelles formes del relleu que són producte de l'acció del transport i sedimentació eòlica, constituïdes per sediments fins, com arenes o llims incoherents.

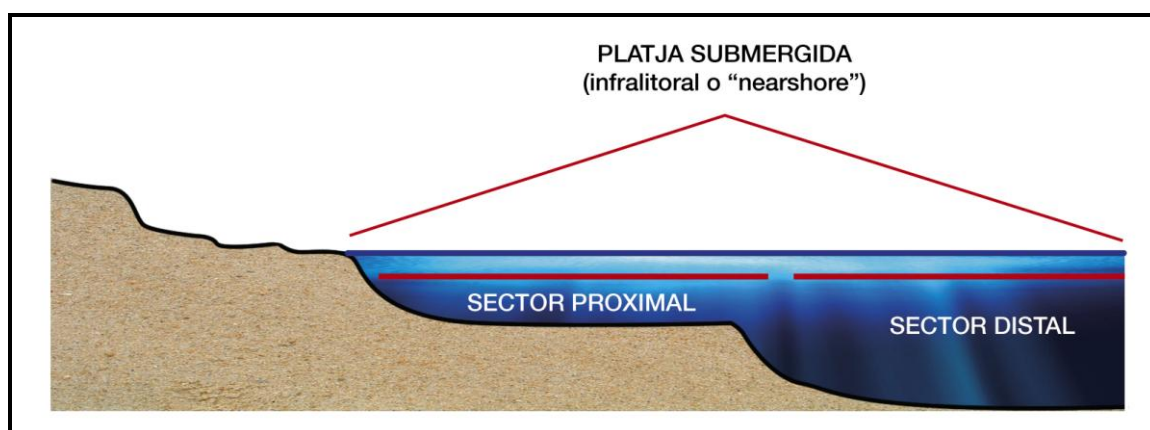
És cert que, avui dia, hi ha molts d'aquests sistemes que sofreixen greus problemes al llarg del litoral. Tanmateix, hi ha hagut una tendència inamobible de relacionar aquests problemes d'equilibri amb els constants canvis del nivell del mar al llarg del temps, amb especial èmfasi sobre el quaternari (Plistocè – Holocè), producte de la conjugació de factors físics, climàtics, glacio-eustàtics i de subsidència (Goso, 2006). No obstant, està provat i verificat empíricament que la zona litoral s'adapta de manera constant, rítmica i sincrònica a les situacions esdevingudes pel que fa als canvis del nivell del mar. No funciona d'igual manera enfront als canvis provocats per la pressió humana sobre aquests indrets, els quals s'han constituït com el principal actiu sobre el que s'ha basat l'economia turística de les Illes. Des de la meitat del segle XX, amb l'explosió de l'activitat turística a les Illes Balears, especialment a Mallorca, els sistemes dunars litorals han estat, possiblement, els ambients més perjudicats, degut a la seva localització en indrets de costes baixes i arenoses, idònies per l'establiment de l'activitat turística i per les seves respectives infraestructures. Com a conseqüència d'aquestes característiques, l'ocupació del litoral per l'ús d'un turisme de masses ha generat una degradació de les platges a tenir en compte (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000)

El sistema platja – duna comporta considerar una extensió significativa que va des de la zona submergida que no veiem, fins a la zona subaèria, que esdevindrà com l'emplaçament de sedimentació. Les platges són uns ambients que, des d'un punt de vista morfodinàmic, no es poden deslligar del que succeeix en els camps de dunes litorals, ni tampoc de la part de la platja que roman submergida (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000).

La zona de platja submergida (infralitoral o "*nearshore*") constitueix una zona permanentment inundada per l'aigua, on podem diferenciar clarament dos sectors (Figura 6); en primer lloc destacar el que es coneix com a sector distal (la zona més

allunyada de la costa, amb profunditats no superiors als 40 metres), on els processos morfològics i dinàmics són més atenuats ja que l'energia de les ones no és tant forta (Servera, 2004). A les platges de les Balears es presenta un pendent suau que oscil·la entre el 0,25% i el 2,5%, la qual cosa el fa ideal per al desenvolupament de les praderies de *Posidonia oceanica* (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000).

D'altra banda trobem el sector proximal, que constitueix la zona més activa pel que fa a la remobilització i al transport de sediment per l'onatge cap a la línia de costa (Servera, 2004). Aquest sector és relativament ample i amb profunditats inferiors a la franja anterior. Amb aquestes característiques, i a través del fregament de l'onatge pel fons i els corrents que aquest genera, és on es realitza la redistribució del sediment al llarg de tota la platja (Rodríguez-Perea, *et al.*, 2000)



**Figura 6 :** Zonificació de la platja submergida. Com es pot apreciar, al sector proximal la profunditat és força inferior, fet que fa que la influència de l'onatge, degut al roçament, sigui superior.

La platja subaèria (mesolitoral o *foreshore*) és la zona de transició entre els dos àmbits principals, on es produeix la transferència de sediment entre la part submergida i l'emergida, o viceversa. Al no existir situacions de marees, a les Balears aquest sector es correspon a la zona de vaivé de l'onatge (*swash*), sent una zona molt dinàmica pel que respecte a l'intercanvi de sediments entre la zona emergida i la submergida. Com a resultat d'aquest dinamisme, el mesolitoral pot augmentar o disminuir la seva superfície amb relativa facilitat. Degut a les seves característiques, sent lloc de confluència entre dos ambients, aquesta és una franja amb una diversitat biològica

significativa, no tan sols a les costa sedimentàries, sinó també a les rocoses (Almanza *et al.*, 2003)

La platja subaèria (supralitoral o *backshore*) és la zona on són presents els processos i els mecanismes de sediment cap al camp dunar (Figura 2). A més d'aquesta funció, també esdevé la reserva de sediment que permet garantir l'equilibri de la platja submergida, quan aquesta és afectada per grans temporals de mar (Servera, 2004) .

Al *backshore* cal diferenciar dos sectors: la platja alta i el cordó de dunes davanteres (*foredunes*). La platja alta estaria compresa entre la platja intermitja i les dunes davanteres. La diferència d'aquest sector amb l'anteriorment definit (mesolitoral) recau amb els trets geomorfològics i amb la seva dinàmica, ja que en el seu modelat i equilibri també s'inclouen els processos de transport eòlic (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). En aquest cas, la influència directa de la mar gairebé és inexistent, sent l'eòlica la més important. Aquest sector sol presentar un perfil que dibuixa un suau pendent cap a la mar, i és la zona on els banyistes i usuaris col·loquen les seves tovalloles i pertinences. Si més no, la influència de l'onatge en ocasions de temporal pot arribar actuar sobre aquest sector, modificant el perfil al qual ens referíem.

Arribats a aquest punt del sistema, és necessari diferenciar les geoformes que es generen, tant fent referència a les formes individuals i simples, com a les que han estat resultat de la interacció entre distints elements. Seria un error pensar però, que la construcció del camp dunar, i els seus canvis i evolució, depenen única i exclusivament de la relació binomial sediment – vent. Molt al contrari, el funcionament i comportament d'aquests complexos sistemes es veu condicionat per la interferència d'altres factors. Pensem sinó amb la vegetació i les característiques que aquesta presenta, la humitat ambiental, que pot condicionar la compactació del sediment arenós, la topografia local o simples obstacles artificials imposats per l'avarícia de l'activitat de l'home. Estudis com el de Gelabert *et al.* (2002) i Pye (1993) verifiquen la complexitat dels sistemes dunars pel que respecte a la seva formació, afirmant que la forma i l'escala de les acumulacions d'arenas eòliques estan determinades a partir de set factors diferents: a) la disponibilitat d'arena, b) la distribució de la mida de gra, c) la

distribució de la velocitat del vent i la variabilitat en la seva direcció, d) la coberta vegetal i les característiques del seu creixement, e) la topografia i la batimetria dels voltants, f) els canvis climàtics i del nivell del mar, i g) les taxes d'aixecament tectònic i de subsidència.

Tot i que el mínim comú múltiple de la formació de dunes sempre en sigui la vegetació, aquestes rebran distintes denominacions en funció de la forma, de la mida i de la mobilitat dels sediments. D'aquesta manera podem definir acumulacions a sotavent com *shadow dunes* – sempre associades a la presència de vegetació – o *lee dunes* – les quals poden formar-se a partir d'altres objectes –, i dunes vegetades com les denominades *hummok* i *sandhills* – monticles d'arena –, *heyedogs* – amb escassa i nul·la mobilitat, totalment cobertes per vegetació herbàcia – i *coppice dunes* – amb retencions de fins a dos metres d'altura – (Pye i Tsoar, 1990). En el cas de les Illes Balears, des d'un punt de vista geomorfològic, els sistemes dunars, malgrat a que la zonificació faci l'efecte de ser caòtica, sense formes específiques, responen a un sistema de dunes parabòliques organitzades en cordons disposats de manera paral·lela a la primera línia (Servera, 2004).

Les *foredunes* són les primeres acumulacions permanents, malgrat que el sediment que les forma no presenta cap tipus d'estabilització. (Hesp, 2002) els defineix com un petit cordo dunar, al límit del *backshore*, formats conseqüència de la deposició de sediment dintre la vegetació, degut a l'efecte transportadors del vent. Així, qualsevol alteració de la comunitat vegetal suposaria una modificació de la dinàmica i de la morfologia d'aquesta franja. Com ja remarcàvem en ocasions anteriors doncs, d'aquestes possibles conseqüències se'n deriva la importància de la gestió, protecció i preservació de la vegetació psammòfila, essencial per formar les primeres dunes embrionàries i efímeres (*nebkhas* i *shadow dunes*). Aquestes primeres formes dunars (*foredunes*), se troben a continuació de la platja alta, i separades del camp dunar madur per una petita zona deprimida de transició.

Els *foredunes* han estat classificats dintre d'una gran varietat, tot i que generalment s'acaba parlant de dos tipus diferents: els incipients i els estabilitzats, dins dels quals es

poden donar una ampla varietat de morfologies i característiques ecològiques (Hesp, 2002).

Per últim, en el sistema platja-duna hem de parlar del camp dunar, que suposa una diferència notable amb el primer cordó, esmentat anteriorment. En primer lloc, perquè les acumulacions de sediment van progressant de cap a l'interior, augmentant les seves dimensions tant amb altura com en planta. D'altra banda, també es percep un canvi en la vegetació, de cada vegada més densa, primer amb un estrat arbustiu llenyós, i acabant amb tipus arbori. Des del punt de vista geomorfològic, tot i semblar que aquesta sigui una zona sense organització ni pauta alguna, respon a dunes parabòliques disposades en cordons paral·lels a la línia de costa (Servera, 2004). La formació d'aquests cordons recolza etapes de baixada del nivell de la mar, moment en que els sediments que van quedar en superfície, i que en el passat havien estat submarins, van ser remoguts pel vent cap a la zona del camp dunar, donant lloc a l'inici de la formació d'aquestes dunes.

El sector supralitoral, en un gran nombre de platges de les Illes Balears, és el més alterat, tant des del punt de vista morfològic com botànic. Com a conseqüència, és realment complicat que es duguin a terme processos complets de formació, coalescència i/transferència de les dunes embrionàries cap a l'interior (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000).

#### **1.4. ELS SISTEMES DUNARS A LES ILLES BALEARS**

Els sistemes dunars litorals constitueixen un tipus de costa força freqüent al litoral de la península Ibèrica. No obstant això, les dimensions i distribucions d'aquests camps dunars són molt heterogènies. Mentre a les costes amb una gènesi clarament tectònica els conjunts ocupen petites superfícies i es localitzen preferentment a l'empar de les desembocadures de la xarxa fluvial, a les costes d'un caràcter més sedimentari i amb menor presència de penya-segats, aquestes formacions es desenvolupen al llarg d'importants i extenses platges arenoses.



Dins el context regional, aquests ambients són freqüents a l'àmbit mediterrani. La tesi de Servera (1997) ens deixa gaudir d'una exhaustiva anàlisi dels sistemes dunars a les Illes, tot inserint-los dins un context més global. Aquesta, almenys dins la bibliografia balear, és la primera de les obres que s'endinsa de ple, i exclusivament, dins el món dels sistemes dunars illencs, centrant-se amb la seva descripció i explicació geomorfològica.

Servera (1997) explica com els sistemes dunars litorals esdevenen la morfologia d'un ampli sector de la costa a les Balears, tot i que la seva presència es redueix a les illes majors de l'Arxipèlag. Encara que la superfície que ocupen les acumulacions dunars actives avui en dia siguin més o menys reduïdes, s'ha pogut determinar l'existència de formacions eòliques litificades fins a les parts més interiors de cada una de les illes. Aquestes dunes fòssils o relictos, determinen etapes d'una gran activitat i dinàmica eòlica en el passat, sobretot dins dels episodis regressius de les glaciacions durant el Quaternari.

Els sistemes dunars de les Balears són espais d'acumulació de sediment arenós que es desenvolupen terra endins. Topogràficament dibuixen perfils suaus i arrodonits, alternant crestes amb petites depressions interdunars, formant tot junt, camps de dunes parabòliques. Aquests sempre s'han de considerar com a part d'un sistema més complex, el sistema platja – duna, que es conjuga entre dos àmbits diferenciats, el submergit i el terrestre o aeri (Servera *et al.*, 2007). En el primer és on es produïx gran part de la producció i transferència de sediment cap a la zona de la platja emergida, mentre que en el segon dels àmbits, el flux eòlic trans porta i distribueix el sediment terra endins on, junt amb la vegetació, s'organitzen les formacions dunars (Gelabert *et al.*, 2002). Fins al moment, tots els sistemes dunars analitzats a les Illes, bé actius bé fòssils, van associats a l'existència d'una platja, i per tant, lligats a un ambient marí. Aquest fet ratifica l'afirmació de que aquests ambients han de ser inserits dins el sistema abans esmentat.

Cal remarcar també, que a les Balears hi ha un nombre considerable de fons de cales i petits litorals arenosos que, al darrera de les seves platges, presenten algunes

morfologies d'acumulació eòlica de tipus *foredune* (Servera, 1997). Aquestes neoformacions són de mides reduïdes tot i que el seu funcionament s'aproxima al dels sistemes platja-duna.

A les Balears, i a diferència del que es pot trobar a les Illes Canàries (Hernández Solvento, 2002), els sistemes dunars es caracteritzen per l'absència de formes lliures, ja que sempre es veuen marcades i controlades pel paper fixador que hi juga la vegetació. No obstant, autors com (Roig Munar *et al.*, 2008), han determinat que aquesta fisonomia completament vegetada que caracteritza els sistemes dunars actuals, en alguns casos podria no respondre a causes naturals, sinó a una vegetació artificial sembrada per l'home, a principis de la centúria passada, amb l'objectiu de fixar les dunes i frenar l'avanç de les estructures arenoses cap als camps de cultius situats més a l'interior. Un exemple en seria el cas del sistema dunars d'es Grau, Torreta i Morella, a Menorca.

A les Illes Balears, a l'igual que a la resta del món, els sistemes dunars es localitzen preferentment a zones deprimides, que dibuixin unes condicions òptimes per esdevenir emplaçaments de deposició i sedimentació. Però aquí, a més de la disposició de vent i sediments, també han jugat un paper important factors com la disposició i la dinàmica estructural del substrat. Ens referim a les modificacions que van provocar els moviments verticals neotectònics produïts al Quaternari, provocant aixecaments, enfonsaments i basculaments del mateix. A més, altres factors que han pogut condicionar la localització actual d'aquests sistemes són la topografia i la batimetria dels voltants, o la coberta vegetal i les seves característiques (Pye, 1993).

En termes més específics, la localització dels sistemes dunars a les Balears, tot i contemplar algunes diferències – responent a les condicions locals de cada emplaçament –, té com a trets comuns els següents punts:

- 1- Es localitzen principalment en entrades obertes i presenten una estreta relació entre les seves dimensions i el grau d'obertura a la mar.

- 2- Gran part dels sistemes es troben associats a zones deprimides, i es presenten sobre una barra arenosa litoral que separa la mar d'una zona humida o albufera.
- 3- Normalment es troben relacionats amb formacions dunars d'edat pleistocena, relictos.
- 4- Es poden trobar sistemes platja-duna de magnituds importants en cada una de les grans illes, Mallorca – Es Trenc – s, Menorca – Son Bou – , i Eivissa – es Cavallet –.



**Figura 7:** Localització dels principals sistemes dunars actius a l'illa de Mallorca.

Tot i que fins al moment hem fet referència als sistemes dunars dins l'àmbit autonòmic, es farà especial èmfasi al cas de l'illa de Mallorca, per simplificar i aconseguir enfocar de manera més detallada l'objecte d'aquesta memòria d'investigació. A la major de les Illes Balears, els sistemes dunars es distribueixen al llarg dels seus quadrants NE i SW (Figura 7). De fet, aquesta distribució presenta una

relació directa amb la localització de les grans zones deprimides de l'illa, associades a períodes de subsidència al Pleistocè (Fornós *et al.*, 1983). D'altra banda, i com ja s'ha esmentat, també es poden localitzar alguns petits arenals fora de les zones deprimides de molt menor importància.

A grans trets, es farà un repàs dels sistemes dunars més representatius de l'actualitat al llarg del las costa mallorquina (Figura 7; Taula 1). Començant pel quadrant sud – occidental (seguint la divisió que estableix (Severa, 1997) hi trobem els sistemes dunars de Peguera, Santa Ponça, Magaluf i Palma Nova. Aquests, situats a la costa oest de Ciutat, i localitzats a territoris limítrofs amb aquesta, s'han vist greument alterats al llarg de les dècades, conseqüència de la pressió urbana – turística. Així, avui dia han experimentat una reducció important, quedant com a platges residuals.

A la badia de Palma, destacar els sistemes dunars de Can Pastilla i s'Arenal. Aquests, originàriament, constituïen la restinga arenosa que separava la zona humida del Pla de Sant Jordi de la mar. Avui, la restinga en sí suporta una massificació d'urbanitzacions molt considerable, havent-hi provocat pràcticament la seva desaparició. De fet, la platja de Palma constitueix un dels nuclis turístics més madurs i importants de les Balears, sent ara objecte de debat entorn al Pla de Reconversió Turística dins el qual està immers (Cultura i Garrido, 2010).

Seguint de cap al sud, ja dins la depressió de Campos, a la seva part més septentrional, hi trobem el sistema dunar de s'Estalella. Aquests sistema es troba immers dins una dinàmica de degradació i retrocés important, degut a la falta d'una platja que l'alimenti. Una mica més cap a l'est, es localitza el sistema dunar de sa Ràpita – es Trenc. Aquest, és un dels més importants de les Illes, i suporta la restinga que separa el salobrar de Campos de la mar (Rosselló, 1964). Degut a que no ha estat tan atacat per la pressió urbanística, presenta avui dia un grau de desenvolupament i dinamisme notable, encara que projecta algunes mostres de degradació.

La mateixes morfologies dunars holocèniques del sistema sa Ràpita – es Trenc, s'estenen fins arribar al mateix cap de ses Salines, tot i que degut als marcats

processos de retrocés dunar que hi ha hagut a la zona, avui només en queden visibles dos emplaçaments puntuals; el sistema dunar des Carbons i el sistema dunar des Caragol, ambdós de disminuïdes dimensions.

Pel que fa al quadrant nord – oriental, i seguint amb la direcció que dúiem, el primer sistema que trobem és el de sa punta de n'Amer. Aquest, de petites dimensions, avui és gairebé inexistent degut a la forta pressió antròpica a la que s'ha vist exposat al llarg dels darrers decennis. El pròxim, a la part septentrional de sa punta de n'Amer, és el sistema dunar de cala Agulla, actualment en debat degut a les intencions, per part d'algunes autoritats competents, d'experimentar en ell una regeneració d'arena a la platja, ja que des d'anys enrere aquest sistema ha anat agreujant la seva situació, conseqüència de la proximitat amb el nucli urbà de Cala Rajada.

Cap al nord s'hi localitza el sistema dunar de cala Mesquida. Aquest presenta una morfologia característica sobre el territori, degut al seu alt grau d'obertura als vents de Tramuntana, els quals provoquen en ell un gran dinamisme. Aquesta unitat dunar, deguda la pressió antròpica a la que s'ha vist sotmesa al llarg dels darrers decennis, avui presenta greus signes de decadència, presentant el major *trough blowout* de les Balears.

Sistema	Municipi	Superfície (km <sup>2</sup> )	Superfície de dunes holocèniques recents (km <sup>2</sup> )	Línia de costa (km)	Superfície platja (m <sup>2</sup> )
Sa Ràpita - Es Trenc	Campos	9	4,5	5,1	22.177
Es Carbó	Ses Salines	3	1,3	1,7	60.060
Es Caragol	Santanyi	2	1,07	0,5	22.267
Punta de n'Amer	St. Llorenç	2,27	0,72	-	-
Cala Agulla	Capdepera	1,7	0,53	0,6	24.130
Sa Mesquida	Capdepera	1,6	1,05	0,3	20.686
Sa Canova-Son Bauló	Sta. Margalida	18,5	13,7	9	-
<b>Es Comú de Muro</b>	<b>Muro</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>41.851</b>

**Taula 1:** Trets principals dels sistemes dunars actius a Mallorca a partir de Servera (1997).

Finalment, al llarg del litoral de la badia d'Alcúdia hi trobem un conjunt continu de sistemes dunars. D'aquests destacar el que va des de sa Canova d'Artà, passant per el sistema de Son Real i fins Son Bauló. Aquest, originàriament era tot un sistema

(Servera, 1997), interromput per torrents, cales i afloraments rocosos, però que amb el desenvolupament turístic i urbanístic de la badia ha quedat fragmentat en distintes unitats, veient-se reduïts a sectors cada vegada més concrets i limitats. El sistema acabaria amb es Comú de Muro, única part dunar que queda de la restinga que separa s'Albufera de la mar, i que actualment forma part del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. En aquest destaca l'alt grau d'alteració que hi ha a la zona de platja alta i primeres dunes (Servera, 1997).

### ***1.5. LA GESTIÓ DELS SISTEMES DUNARS I LA PRIMERA LÍNIA DE COSTA ENVERS A LA SEVA VULNERABILITAT. EL CAS DE LES ILLES BALEARS***

La present tasca no és vol allunyar de fer referència a la necessitat de cura a la que haurien d'estar sotmesos els sistemes en qüestió. Com ja s'ha dit, la zona costanera suposa un espai dinàmic, amb conjuntura d'una gran nombre de processos naturals i, més recentment, activitats i pràctiques de naturalesa humana. Els continus atemptats contra el medi físic – natural que es poden observar avui en moltes zones arreu del litoral, han demostrat al llarg del temps que són simptomàtics d'una falta, crònica, d'integració transversal en la gestió de les zones costaneres (OCDE, 1995). No ens hem de fer enfora per cercar i explicar les raons que generen aquesta situació; aquests espais, degut a les seves característiques, esdevenen atractius per l'ésser humà. Factors que ho demostren en són per exemple, que la franja costanera sigui la part del territori més poblada del món, o que aquesta hagi esdevingut des del primer moment, el lloc d'assentament i producció de la indústria turística de masses de Sol i platja – com a paradigma. Cada any, 50,5 milions de visitants freqüenten les costes espanyoles, aportant uns 14.000 milions de dòlars a la renda nacional –. Així mateix, es segueix observant que el creixement demogràfic és molt superior a la franja costanera que no a l'interior dels territoris (OCDE, 1995).

En definitiva, la tendència mostra com les platges i els sistemes dunars han estat eliminats, o si més no, greument alterats a través de l'ús que se l'hi ha volgut donar. Així, ha estat com els sistemes han rebut reorganitzacions de la seva morfologia

originària, remobilitzacions del seu sediment, etc., just per satisfer algunes de les necessitats de l'home (Nordstrom, 2000).

La premissa que segueix el nou model econòmic mundial, a gran trets, podria donar l'explicació pel que fa a la manca d'interès, fins al moment, d'establir tot un protocol d'actuació envers a les polítiques de gestió integrada de les zones costaneres (IZCM). La pretensió d'aquest en comptabilitzar l'èxit de les economies mitjançant "pseudomesures monetàries", fa que cada vegada sigui més difícil contemplar la realitat físico – natural, que es calcula basant-se en mesures del sistema mètric decimal (Murray, 2005), en detriment a la consideració de les característiques i potencialitats ambientals i ecològiques. Des del prisma científic alguns reclamen que la raó més convincent per entendre l'estat d'equilibri dels sistemes dunars, ha de ser ficar-se i implicar-se dins la gestió integrada d'aquests ambients (Bauer i Sherman, 1999).

Derivat d'aquesta situació, al llarg dels darrers anys hi ha hagut un interessant creixement del ressò que aquesta problemàtica ha tengut dins la societat. Sobretot però, s'ha obert un important camp dins el món científic, que a través d'un gran nombre d'estudis i publicacions, ha posat empíricament de manifest la necessitat urgent d'actuar sobre les zones litorals que encara no han estat arrasades completament per l'activitat humana. Així, hi ha un considerable nombre de línies d'investigació obertes que, des d'un prisma transversal, intenten analitzar aquests fràgils ambients per trobar les mesures de gestió adequades enfront a la seva preservació i recuperació ( Murray, 2005; Roig Munar *et al.*, 2009; Latchinian, 2009; Geerders *et al.*, 2009; Lopez Moreda *et al.*, 2009; Monti i Escofet, 2008; Tintoré *et al.*, 2009; Roig Munar i Comas Lamarca, 2005; Fabbri, 1998) entre d'altres.

Si és cert però, que per aconseguir una consciència vàlida no tan sols s'ha de desenvolupar l'interès dins el camp científic. Com ens diu Capel (2005), la sostenibilitat és una qüestió eminentment política. Així, s'hauran d'establir noves lògiques i metodologies a l'hora d'analitzar el paper de l'home sobre la terra i, per eliminar els

mals de la societat sobre els ecosistemes s'hauran de dur a terme canvis radicals en els models decisoris.

Queda palès que per un gestió integrada de les zones costaneres s'hauria d'establir una simbiosi a tres parts: social, política i científica, cada una d'elles intentant desenvolupar el seu rol de la millor manera possible. De fet, l'eficàcia de les polítiques que s'implantin a sobre aquests sistemes, condicionaran de per vida el seu comportament o evolució. Aquí recau doncs, la importància de les autoritats competents que sustenten el poder, ja que elles, a través de les seves accions, determinaran el futur de les nostres costes. De fet, s'ha comprovat com en alguns casos, la definició i la posada en pràctica d'una política clara, ha permès millorar la gestió de les zones costaneres (OCDE, 1995). La gestió de la franja litoral duta a terme per iniciativa dels poders públics, ha d'estar subordinada a l'existència d'orientacions apropiades, i a la voluntat i valentia política per passar a l'acció.

Els impactes soferts pels ambients litorals arenosos es manifesten a través de la pràctica indiscriminada i sense regular de l'activitat humana. A més, al llarg de dècades, en molts casos s'ha fet cas omís a les pautes urbanístiques marcades per la legislació competent, fomentant-se paral·lelament l'aprofitament de la franja costanera en detriment de la qualitat de l'entorn.

La interposició d'obstacles i infraestructures a sobre els ambients dunars condiciona sens dubte el seu funcionament, podent inclús arribar a provocar la pèrdua d'aquests espais. A més, degut a l'alta fragilitat d'aquests sistemes, la llista d'actuacions que poden arribar a tenir connotacions negatives és notable. A mode d'exemple, es pot remarcar el bloqueig en el transport de sediment cap al sistema, conseqüència de la imposició d'una determinada estructura sobre la platja, la construcció de zones urbanes i usos recreatius associades a ambients eòlics de la costa, que poden arribar a suposar la seva total desaparició, l'establiment d'àrees d'acampada o aparcaments per a vehicles, l'existència d'abocadors dins l'espai dunar (Hernández Calvento, 2002), incendis, pasturatges incontrolats, presència d'espècies introduïdes (Lesic i Cooper, 1999), l'ocupació per àrees de cultiu, l'alteració de les condicions del vent i canvis



globals (Thomas, 1999), l'extracció d'àrids (Castro, 1992), la destrucció de vegetació i del sòl per la creació de sendes (Blázquez, 1998), entre d'altres.

Si es vol actuar en conseqüència, cada un d'aquests efectes s'ha d'analitzar com a conjunt, deixant el seu impacte a escala individual. Dins el ventall que dibuixen els impactes que afecten a les zones litorals arenoses, es produeix un important efecte sinèrgic el qual altera tot el sistema, sent aquesta alteració molt més significativa que la que es derivaria de la suma per separat de l'efecte de cada un dels factors analitzats (Hernández Calvento, 2002). De fet, aquest efecte sinèrgic pot influir fins provocar la total desaparició del sistema, o a la ruptura del seu equilibri ecològic, al interferir en la successió i dinàmica de la vegetació (Lesica i Cooper, 1999).

La fixació dels sistemes dunars sempre dependrà del paper que juga la vegetació, i també, del flux de sediment que hi arribi. Per tant, és lògic pensar que amb l'alteració d'alguns d'aquests factors, la dinàmica del camp dunar es veurà afectada. Si pensem doncs amb els efectes que pot tenir la interposició d'elements artificials al mig del sistema platja – duna, de ben segur que la tendència resultant sempre anirà en detriment del seu òptim funcionament. En el cas de Mallorca, la major part del sediment és d'origen bioclàstic, fins a un 89% a la badia d'Alcúdia (Servera, 2002), provinent tot ell de l'ambient submergit. En aquest sentit, la localització d'alguna estructura artificial, associada la protecció de la costa envers a l'onatge, la navegació, la nàutica de lleure, les activitats sobre la platja, transports o urbanització (Nordstrom, 2000), entre l'ambient submergit – font de sediment – i l'àrea de sedimentació emergida suposarà una barrera obstacle en el sistema de transport eòlic de les partícules sedimentàries, fet que impossibilitarà que els ambients de deposició es segueixin alimentant. D'igual manera passarà amb la construcció d'infraestructures rígides dins l'aigua, perpendiculars a la línia de costa, com ports o dics, els quals alteraran la dinàmica de corrents marins (Servera, 1997), variant els emplaçaments deposicionals al llarg de la costa.

Amb el dit, queda palès de la fragilitat a la que estan sotmesos els espais dunars litorals, i de la vulnerabilitat que tenen aquests envers a ser modificats i/o erosionats

per la imposició de qualsevol element o activitat que pugui influir en la dinàmica sedimentària eòlica i submarina. Si més no, els interessos, les necessitats i l'avarícia que caracteritza la societat contemporània, ha tancat els ulls enfront aquest problema, no deixant de massificar aquests ambients per convertir-los en autèntics punts de producció econòmica, a través de la indústria turística majoritàriament, però també conseqüència de l'activitat promotora urbanística.

I, com no podia ser d'altra manera, tot el que es vaticinava ha anat succeint amb el pas del temps, depenent sempre de la intensitat i la densitat de les infraestructures humanes dins els sistemes, potenciant en gran mesura l'erosió de les platges. Servera (2002) afirma que la distribució de l'erosió al llarg de la costa, té a veure directament amb el grau de construccions de naturalesa humana. A més, es palpable el deteriorament de la coberta vegetal, les transformacions geomorfològiques irreversibles, reactivació de dunes estabilitzades, afavorint la desertificació, pèrdues de valors paisatgístics, etc. (Castro, 1992).

Al llarg dels darrers temps, i després de començar a veure els efectes negatius i palpables sobre les zones costaneres, s'ha començat a plantejar la necessitat de veure i considerar aquests emplaçaments dunars com elements naturals a protegir (Kay i Alder, 1999). A partir de la dècada dels anys 70, i com a conseqüència de la consciència general que es comença a engendrar a nivell mundial, amb origen als Estats Units, les autoritats competents van començar a observar la possibilitat de posar més èmfasi amb la protecció d'aquests espais, degut a la manca de resposta que hi havia hagut des de sempre per part de les administracions. L'amplitud agafada per les formes d'ocupació espontània de les costes, i el seu creixent interès econòmic, no podien deixar indiferents als responsables de l'ordenació del territori, i així, es veu com al transcórrer de les darreres dècades, han augmentat les intervencions, o bé s'han adaptat els mètodes a aquestes zones costeres (Nonn, 1987).

Organitzacions com la OCDE, que col·labora amb coordinació entre els seus països membres per la millora de la cooperació i el desenvolupament internacional, ha ajudat també a potenciar les polítiques per a la millora en la gestió de la franja litoral. De fet,

aquesta ha estat la mateixa que ha determinat l'existència de greus mancances en les polítiques de diferents països membres, en referència a l'aprofitament i ús de les seves zones costaneres (OCDE, 1995).

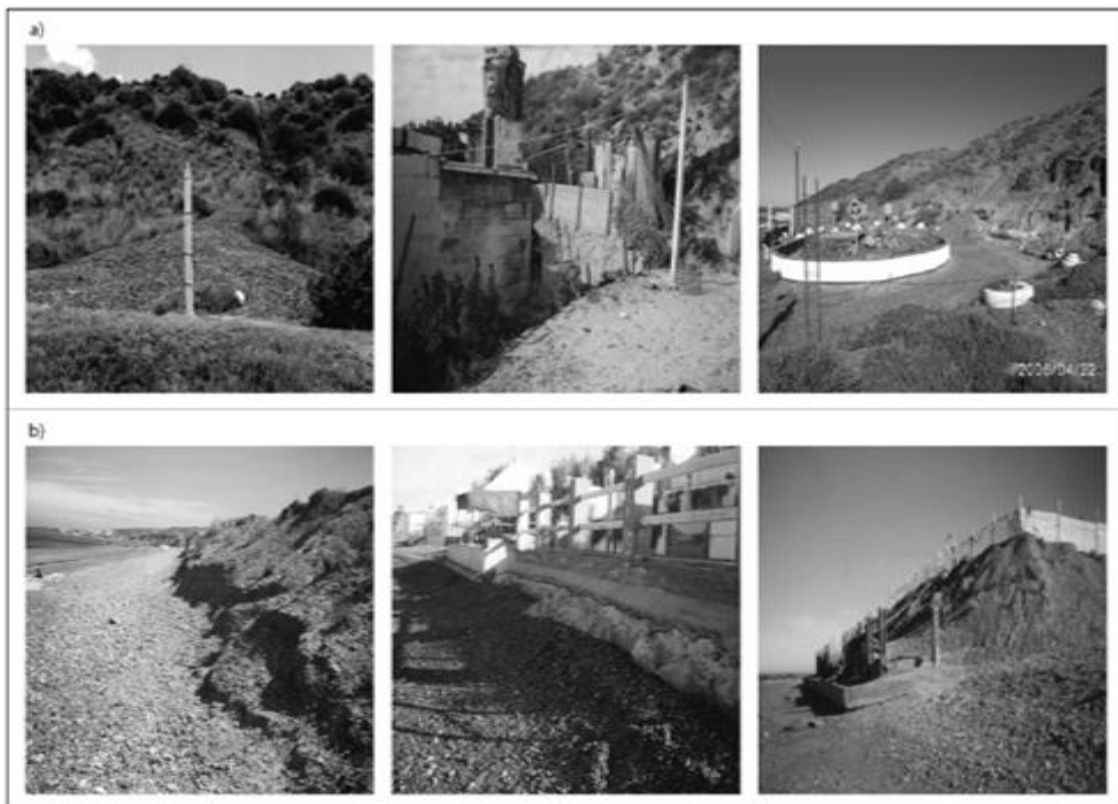
Tot ha anat produint que s'hagin anat desenvolupant mesures per a potenciar la protecció d'aquests ambients i garantir el manteniment dels processos naturals que els caracteritza, tot i que a dia d'avui, aquesta sembla ser una mesura insuficient i únicament nominal, ja que en molts casos no s'ha aconseguit, ni prop fer-s'hi, la supervivència del sistema.

Paral·lelament, els estudis científics relacionats amb la gestió tampoc han deixat de créixer. Entre les línies d'investigació desenvolupades en els sistemes dunars se'n plantegen dues de principals: la primera tracta de millorar i reactivar la utilitat d'aquests espais, mentre que la segona de rectificar els aspectes negatius. Ambdues conflueixen en la correcta gestió ambiental de l'espai, que intenta dur a bon port la correcció dels impactes ambientals, al temps de permetre també les activitats humanes (Hernández Calvento, 2002).

Seria erroni negar la utilització de la costa envers a la pràctica d'activitat humana, ja que en ella s'hi ha desenvolupat al llarg de moltes dècades una tasca que ha suposat la vida a moltes famílies. Pensem sinó amb les activitats de pesca menor, amb les piscifactories marines o amb les salines. No obstant, el pas del temps ha evolucionat cap a unes pràctiques més heterogènies i complexes, amb necessitats de grans estructures associades per la seva supervivència i rendibilitat. Els millors exemples en serien el ràpid desenvolupament dels transports i l'efervescència del turisme com activitat econòmica, des de mitjans de segle XX, amb una tendència urbanitzadora paral·lela (Nonn, 1987). És amb aquesta situació quan entren en contacte amb la costa els enginyers, degut a les seves capacitats a l'hora de planificar i construir les grans infraestructures necessàries per cada una d'aquestes pràctiques (ports, dics, ports esportius, estructures flotants, etc.) i que cada una d'elles pogués conviure correctament amb la dinàmica de l'aigua i el comportament de la mar.

De fet, en moltes ocasions, per aconseguir adaptar les condicions dels espais litorals a les necessitats de l'home o a les activitats que en ells s'hi volen desenvolupar, aquesta nova tendència "enginyeril" ha estat la que ha impulsat la pràctica de mesures severes, no tenint en compte, en cap cas, els danys que es podien produir en cada un dels emplaçaments, ni tampoc els canvis en la dinàmica litoral.

I per adonar-se'n de fins on s'ha arribat, avui dia trobem estudis que ens parlen ,inclús, de la gestió litoral envers al risc que suposa la pràctica de qualsevol activitat en ell. Monti i Escofet (2008) ens parlen íntegrament de mesures de gestió de la franja del litoral envers al risc que aquesta pot suposar. Exemples com Playa Magagna (Chubut, Argentina), en que la influència de l'erosió marina amb combinació amb l'erosió hídrica fluvial, ha fet que la comunitat resident hagi de fer esforços per mitigar els efectes d'aquestes funcions forçants sobre les seves cases i altres béns de l'entorn domèstic (Figura 8).



Exemples com aquests, posen encara més de manifest com una pràctica indiscriminada de la franja litoral, com pot ser la urbanització no planificada, pot contravenir amb la dinàmica natural d'aquests ambients i conseqüentment generar impactes negatius sobre les comunitats i els seus béns. Així, envers a una zona litoral massificada i mal planificada s'han de parlar de tres conceptes a tenir en compte: a) la seva *vulnerabilitat* envers a la incapacitat del sistema per absorbir els efectes d'un determinat canvi en el medi, b) el *risc*, referent a la probabilitat de que es produeixin certes conseqüències negatives, i c) la *gestió*, entesa com a conjunt de tècniques per percebre, avaluar i diagnosticar la possibilitat d'administrar els processos que esdevinguin (Monti i Escofet, 2008).

Aquesta perillositat en moltes ocasions ha estat provocada per la destrucció total dels sistemes dunars, que en els seus estats originaris, esdevenien com una important barrera de protecció natural enfront als temporals marins. Tot i això, encara que l'emplaçament dels espais dunars es podria veure com a llocs de risc per a l'assentament d'algunes activitats humanes, aquests continuen esdevenint llocs de desenvolupament econòmic (Bauer i Sherman, 1999).

Sigui com sigui, i deixant de banda la confluència entre problemàtiques que pel moment no han permès l'existència d'una consciència global envers la gestió de les zones costaneres, la protecció dels sistemes dunars litorals ha d'obeir a tècniques individualitzades, obtingudes de la lògica i del procés de funcionament que ens explica la formació i l'evolució d'aquests ambients, així com també de la consideració de cada un dels factors que hi intervenen. Per Komar (1998), el manteniment de l'equilibri sedimentari passa per varies possibilitats: a) la no realització d'accions en cas de que existeixi un equilibri estable, b) la retirada d'elements que puguin estar interferint en la dinàmica eòlica sedimentària, c) l'alimentació del sistema en cas de que s'hagi produït una ruptura de l'equilibri sedimentari, d) l'estabilització del sistema a base de mesures estructurals, quan ja fos inviable procedir a alguna de les solucions indicades, denominades com a "solucions severes". Desgraciadament però, i mostra d'això n'és gran part de la realitat costera actual, aquestes darreres han estat excessivament practicades a les nostres costes sense necessitat.

### **1.5.1. La gestió dels sistemes dunars a les Illes Balears**

El cas de les Balears no s'allunya del que s'ha parlat a l'apartat anterior. De fet, la situació de les Illes es podria definir com exemple paradigma a l'hora de parlar de gestió litoral, bé per les accions que s'han vengut desenvolupant al llarg dels anys, o bé per la manca d'aquestes. El que és cert però, que les Balears, sobretot Mallorca i Eivissa, han esdevingut un nucli turístic de primer nivell a escala europea, sobretot des de l'explosió turística a principis de la dècada dels seixanta, amb el *1er boom turístic* (Rullan, 1999), arribant als 15 milions de passatgers arreu de les Illes Balears al 1972 (Blàzquez i Murray, 2010).

La transformació territorial que de la mà del turisme ha viscut Mallorca especialment, però també la resta d'illes, no es pot deslligar de la revolució que han experimentat els transports i les comunicacions a l'Europa més occidental. Els tres *booms* de creixement turístic experimentats al llarg de la segona meitat del segle XX, no són més que un dels efectes del creixement de les economies occidentals (Rullan, 2002). El medi de les Illes, i la seva situació geogràfica i climàtica, va predeterminar, des del principi, la franja costanera com a base d'operacions de l'activitat turística, sent aquesta la responsable del canvi d'imatge que s'ha anat confeccionant i polint al llarg del temps.

Les costes mallorquines es van veure greument alterades al llarg del primer i el segon *boom*, amb una tendència de creixement sense sostre pel que respectava a les urbanitzacions turístiques litorals, sense planificació alguna, i mai tenint en compte els potencials efectes negatius que podien jugar sobre el medi físic, a excepció del que s'esdevenia a les ciutats més importants, que ja comptaven amb alguna mena de pla urbanístic, la resta del territori balear es va anar planificant a remolc i per iniciativa de l'expansiva demanda turística i residencial (Rullan, 2007). Tot i que la transformació territorial s'ha expandit arreu, com ja ens esmentava Quintana (1978), la importància creixent del turisme a mitjans del segle passat va conduir a valorar especial i socialment els emplaçaments turístics. El mateix autor segueix remarcant el poder que des del principi el sector hoteler va tenir, sobretot a l'hora de promoure i impulsar

infraestructures turístiques arran de costa, tot d'acord amb el producte que es volia vendre.

A part de les condicions de localització dins la Mediterrània occidental, i les característiques climàtiques, el fet de que ja hi hagués un certa tradició d'estiueig i un determinat nivell d'infraestructura, afavoria la construcció del territori turístic (Rullan, 2002). Així, la dotació d'aquestes infraestructures, sòl barat i fàcil topografia, van esdevenir criteris claus per ser la localització preferent dels grans complexos hotelers de la dècada dels seixanta (Quintana, 1978).

Però del territori que ens definia Quintana (1978) a la dècada dels setanta en queda poc, o si més no, alguns canvis substancials s'han produït. Rullan (2002) afirma que a Mallorca, des d'ençà a ara s'ha esdevingut una variació quantitativa interessant, referint-se a la capacitat de càrrega suportada per tota l'estructura, passant, entre residents i turistes en temporada alta, d'unes 800.000 persones cap a 1970 (sobre els 210 hab./km<sup>2</sup>), als 1.200.000 a les portes de l'any 2000 (320 hab./km<sup>2</sup>). De fet, a partir dels anys vuitanta els productes immobiliaris associats a la indústria turística són molt més extensius dels que havien estat coneguts fins al moment, fent que l'ocupació i destrucció del territori litoral en aquesta època també sigui superior, arribant arreu, fins i tot a Menorca, que s'incorpora de ple al model turístic balear (Rullan, 2007).

Tot això fa pensar que aquests canvis quantitatius han dut subordinats variacions qualitatives que han afectat al territori de les Illes Balears, però molt especialment a les seves zones costaneres, degut al fenomen definit com *litoralització* o *terciarització* de l'economia balear.

Aquesta tendència ha provocat canvis molt importants a la fisonomia natural de les costes mallorquines, amb èmfasi sobre les costes deprimides d'acumulació. A més, les diferents pràctiques i actuacions dutes a terme prop de l'àmbit litoral, en molts casos han acabat manifestant-se amb la destrucció total dels sistemes dunars, impulsant mesures com les regeneracions artificials de platges i creant-ne una dependència

(Rodríguez-Perea *et al.*, 2000), o donant vida a l'artificialització que s'ha repetit de forma generalitzada pels espais turístics (Roig Munar *et al.*, 2009).

Com a conseqüència, i degut a la forta ocupació del litoral arenós que s'ha donat en els espais turístics, s'han produït un considerable nombre de transformacions, modificant l'estat natural originari d'aquests espais. Aquests canvis han estat resultat de, bé la interrupció dels mecanismes naturals de defensa, o bé per la generació de nous espais arenosos mitjançant la creació de platges artificials (Roig Munar *et al.*, 2009). En el cas de les Illes Balears, l'ocupació de la costa ha estat massiva i acultural des de dècades enrere, amb un procés de massificació accelerat (Roig Munar i Comas Lamarca, 2005).

Arribats a aquest punt, alguns autors han obert una nova línia d'investigació i recerca, basada en la gestió de les nostres costes, i amb l'objectiu primordial de millorar el seu estat actual. Endemés, la investigació del litoral, especialment pel que es refereix a la branca de la dinàmica i la conservació de les platges, va passar de l'àmbit científic al debat social a finals de la dècada dels noranta, arrel de la presentació de l'informe encarregat per l'Ajuntament de Calvià –un dels municipis turístics més importants de les Illes –, en el que s'incorporaven els resultats d'una campanya que es va fer a la platja de Santa Ponça entre 1998 i 1999, i que suposaria d'alguna manera, l'inici de la consciència sobre la necessitat de gestió integrada i respectuosa per les nostres platges (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000). En aquest informe es proposava una gestió més respectuosa amb el medi, i es defensaven mesures de gestió menys impactants (trampes de retenció eòlica, més permanència de la berma vegetal sobre la platja alta, i el foment de la neteja manual a llocs on no és necessària la maquinària pesant) i alternatives a les pràctiques dutes a terme fins al moment, basades amb les regeneracions artificials. Es demanava, també, una major implicació de l'administració pública envers al compromís d'una correcta gestió (Gómez-Pujol i Pons, 2007). A part de l'informe Metadona, molts han estat els articles i estudis relacionats amb la gestió litoral.

Lamentablement, les mesures de gestió que s'han aplicat sobre les costes balears al llarg dels darrers decennis han respost, única i exclusivament, a les demandes de la



indústria turística per tal de satisfer cada un dels seus subjectes, i al desconeixement de tècnics i polítics encarregats de dita gestió. Parlam de la neteja mecànica de les platges per la retirada de la *Posidonia oceanica*, o de la deposició de sediment exogen a platges erosionades, entre d'altres. Tot junt, ha ajudat a agreujar més l'efecte negatiu sobre l'erosió de les platges, i els balanços sedimentaris i geoambientals en els sistemes platja – duna (Martín-Prieto *et al.*, 2007).

La inèrcia econòmica i els sucosos beneficis de la indústria turística, no han permès veure als agents responsables, les platges i els sistemes dunars com ambients fràgils i naturals, sinó que sempre, des del principi, s'han associat a emplaçaments estrictament necessaris per sustentar el monopoli turístic i les infraestructures associades. Aquesta errònia i desvirtuada visió, no es pot interpretar d'altra manera, sinó és fa des del prisma socioeconòmic. I com no podia succeir d'altra forma, d'una visió errònia n'han sorgit actuacions també equivocades. Així, a l'hora d'actuar en la gestió dels sistemes platja – duna, pel que es refereix a la seva recuperació, no s'ha fet mai des d'un punt de vista transversal, i molt menys integrat. Roig Munar *et al.* (2009) afirmen que un dels problemes en la gestió de la costa fins al moment, és que aquesta s'ha abordat des d'un prisma focalista, ignorant la influència decisiva dels agents i forces que han intervingut en el transport de sediment dins de l'ample sistema litoral. S'ha tendit a dividir el sistema en sectors (zona submergida - platja alta - sistema dunar), sense connectar-los entre sí, i sense pensar amb la necessitat que cada part té de l'altra. Com a conseqüència, s'han solucionat local i temporalment alguns problemes, mentre d'altres s'han accentuat (Martín Prieto *et al.*, 2007). Definitivament, l'espai de la platja s'ha entès com un servei a ofertar, i no com un sistema natural. Ha estat aquesta capacitat de satisfer les necessitats empresarials, polítiques i humanes la que ha transformat els atributs de la naturalesa litoral en recurs, convertint aquests espais en una cosa relativa, subjectiva i merament funcional, simple (Roig-Munar i Comas Lamarca, 2005).

No obstant, degut a la pressió científica, i a una major consciència de la societat en general, sembla ser que al llarg dels darrers anys s'ha provocat un canvi de tendència

en alguns aspectes, sobretot amb referència especial al cas de Menorca, Reserva de la Biosfera, on el canvi de direcció ha estat més marcat que a la resta de l'arxipèlag.

Amb la situació descrita, han estat nombrosos els articles i estudis que han sortit a la llum centrant el seu contingut a la temàtica de la gestió litoral, molts d'ells denunciant la manca de gestió en aquests ambients, i intentant demostrar a través de l'empirisme la importància d'una bona i eloqüent pràctica gestora. Sens dubte, tots ells ens han ajudat a entendre de cada vegada millor la dinàmica litoral, així com també ens han obert les portes cap al coneixement de noves i avantguardistes mesures de gestió, sempre més respectuoses amb el medi i amb les potencialitats ambientals dels fràgils sistemes litorals. No obstant, ara només ens queda esperar a veure si la tendència dona un gir de calat, i es situa en actuacions més sostenibles pels ambients en qüestió. Sens dubte, el present treball serà escrit amb la intenció de contribuir amb aquest propòsit.

#### ***1.5.2. La legislació com element clau per la correcta gestió de l'àmbit litoral***

Pàgines enrere, ja feiem referència a la necessitat que hi ha de que tots els agents de la societat, competents per participar i contribuir amb una correcta gestió de la zona costanera, actuïn de forma cohesionada per aconseguir l'objecte en qüestió. És important que cada una de les parts, amb la mesura que li sigui possible, ajudi per avançar cap endavant, sempre amb la direcció de dibuixar les bases que permetin la construcció d'una gestió més sostenible pel litoral balear.

La legislació ha d'esdevenir un dels pilars d'aquesta construcció, ja que ella i només ella, serà l'encarregada i l'única competent per permetre alguns usos i accions, i vetar-ne uns altres. Per tant, del cos legislatiu que afecta les zones costaneres, i del seu compliment – o incompliment –, en derivarà el progrés del litoral com a medi natural, o en canvi, com a medi artificial i degradat. És aquí doncs on hauria de recaure la responsabilitat de la vessant legislativa i jurídica envers a la gestió correcta i sostenible de la franja costanera.

De fet, la societat actual demostra dia a dia de la necessitat que té en tenir normes i regles per establir una vida conjunta més o manco ordenada. Aquestes normes, algunes escrites i altres no, es poden instaurar coactivament o, inclús algunes, són acceptades de forma quasi unànime (Montoya, 1995). Així, s'ha de fer ús de l'Estat de dret i de la seva capacitat – a nivell legislatiu, judicial i executiu – per redactar i aprovar legislacions, adaptades a la realitat i a les necessitats existents a diferents àmbits.

Si més no, quan es parla de legislar territoris la cosa es pot complicar, i molt més si són casos com el litoral. Ja des del principi semàntic, hi ha controvèrsies a l'hora de donar una definició clara per aquest àmbit. No de bades, aquestes afectaran també a l'establiment d'una legislació de lectura inequívoca, que aconseguixi marcar unes pautes correctes per una gestió amb clau de sostenibilitat.

El litoral no té uns límits geogràfics clarament definits, a més esdevé un espai altament dinàmic, amb confluència de molts factors i agents que el modifiquen constantment, i d'una vasta pila de recursos, demandats per diverses finalitats socials, algunes d'elles incompatibles entre sí (Montoya, 1995). Degut a aquestes característiques, el tractament de l'espai litoral des de les autoritats gestores ha de ser especial, conseqüent amb les característiques que el suporten. Precisament, aquestes peculiars característiques fan que la legislació litoral sigui difícilment assimilable a qualsevol altre tipus de gestió.

Però si hem considerat l'espai litoral com una "esponja" d'activitats diverses, aquest també s'hauria de considerar com un espai obligat a actuar sota un conjunt de preses de decisions, conformes i respectuoses amb les normatives vigents. Partint d'aquesta premissa, la seva gestió serà tant o més simple quan l'àmbit normatiu que l'hi afecti faciliti actuacions simples i eficients (Montoya, 1995), fugint de controvèrsies i complicacions innecessàries. Aquesta pauta només s'aconseguirà quan les legislacions que afecten a la franja costanera defineixin objectius comuns, sobrepassant pels interessos i competències que tenen les administracions a diferents escales, i que els continguts de cada una de les lleis s'avenguin uns amb els altres.

Per això, agafaria funcionalitat una legislació amb capacitat de coordinar i establir les competències d'actuació per a cada una de les parts competents i responsables d'aquesta gestió, sense excepcions, assolint solvència a l'hora de la seva aplicació. Només així, s'aconseguirà després una correcta legislació sectorial, en àmbits de menor escala. Aquesta legislació però no s'ha d'oblidar d'establir uns mecanismes de resolució per solucionar els conflictes, ocasionals i puntuals, entre les parts (Montoya, 1995).

De fet, és ben palès que les activitats que s'han anat instal·lant sobre el litoral no ho han fet gràcies a l'existència de legislacions que ho permetessin, sinó sota una absència d'aquesta, o bé sota pràctiques d'incompliment. S'han anat desenvolupant, en molts casos, gràcies a la inexistència d'aquestes, o bé degut a les seves mostres de debilitat a l'hora de ser aplicades. L'error pot ser que la gestió del litoral, encara avui, és entesa com la unió de diverses *sub-gestions* individuals, una per cada element que el conforma. Com ja s'ha tractat en punts anteriors, el litoral configura un fràgil sistema, depenent en sí mateix, pel que a l'hora de considerar-lo s'ha de fer des d'un punt de vista ampli, transversal. Si no és fa així, difícilment entendrem el seu funcionament i per tant, la manera més correcta de gestionar-ho. A més, en casos com les Illes Balears, la gestió duta fins als nostres dies ha tengut l'agreujant de ser enfocada, únicament, cap als beneficis econòmics, girant la vista als valors geoambientals.

Martín Prieto *et al.* (2007) fan una síntesi de la legislació, que en termes generals, ha afectat a les nostres costes des dels seus inicis. En referència al que ens diuen, la Llei de Costes 22/1988 va suposar un salt qualitatiu en la legislació de la zona costanera però, lamentablement, va quedar estancada i el seu àmbit d'aplicació suposa en nombroses ocasions, conflictes entre les distintes administracions i gestors a l'hora d'aplicar un determinat tipus de gestió.

A nivell autonòmic, destaca la Llei d'Espais Naturals (LEN 1/91), que declarava la figura d'Àrea d'Especial Interès (ANEI) i que atorgava protecció urbanística a un important percentatge del litoral de les Illes, així com la inclusió d'una franja d'alt nivell de

protecció en les zones ANEls litorals, com els sistemes dunars, zones humides, sabinars, etc. Una altra normativa a destacar és la Llei 5/2005 per la conservació de les espècies de rellevància ambiental (LECO), que inclou aspectes derivats, i altres propis, de tota la normativa de conservació que afecta a la comunitat autònoma, tant de la LEN 1/91, com de l'antiga Llei 4/1989 de la Conservació d'Espais Naturals i de la Flora i la Fauna Silvestre i de la Directiva d'Hàbitats (94/43/CEE). La Llei 4/1989 va ser derogada, sent substituïda per la Llei 42/2007 del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat, ampliant-se al medi marí i als ecosistemes definits per la directiva d'hàbitats – LICs i ZEPAs –, tenint efectes també sobre la franja litoral.

Endemés, el govern autonòmic va regularitzar les instal·lacions turístiques construïdes a la costa, segons una disposició addicional de les Llei 25/2006, de 27 de desembre, de mesures tributàries i administratives. Per aquesta disposició, les instal·lacions existents ubicades en el litoral es legalitzen, obviant quina sigui la classificació urbanística dels terrenys en que s'hi ubiquen. Per tant, aquest fet dona llum verda a la regularització d'obres il·legals aixecades sobre espais anteriorment protegits, com zones ANEI.

A part d'aquestes mesures legislatives específiques que afecten a la gestió de la franja litoral, altres, de caire més especial, sobretot referents a l'ordenació del territori, també hi han tengut veu des de la seva aparició. Ens referim a les Directrius d'Ordenació Territorial de les Illes Balears (DOT), de 3 d'abril de 1999, i als Plans Territorials Insulars (PTI) de Menorca (2003), Mallorca (2004) i Eivissa i Formentera (2005). Ambdues mesures van néixer amb l'objectiu d'establir i definir el model territorial de les Illes, també afectant al litoral. Des de la vessant turística, destacar el Pla d'Ordenació Turística (POOT), amb l'objectiu de donar una caire jurídic a l'oferta turística de les Illes.

Seria un error oblidar-se del paper i les competències que tenen els ajuntaments dels municipis costaners sobre la seva franja litoral. Aquests, a través d'ordenances municipals, també assoleixen competències que juguen un paper molt important en la gestió i ús de la zona costanera, com n'és la neteja de la platja.

Doncs totes aquestes mesures, a més d'altres disposicions jurídiques de caire més genèric, han estat les encarregades de donar i establir les pautes legislatives per a la gestió de les nostres costes. No obstant, hi ha hagut un problema crònic i greu, caracteritzat per la manca de coordinació entre les diverses administracions, així com també, una desavinença important entre els continguts de les diferents lleis. Tot junt ha fet que avui dia, el litoral balear, especialment els arenals i zones deprimides, s'hagin vist greument alterats pels impactes de l'activitat humana, gràcies en part, a la inconsistència del cos legislatiu competent.

## **CAPÍTOL 2. JUSTIFICACIÓ I CARACTERITZACIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI**

---

En aquest apartat es procedirà a donar coneixement i justificació de l'espai elegit on es centrarà la tasca de la present memòria d'investigació. Aprofitarem també, per fer un repàs general dels trets més característics i representatius de l'àrea esmentada. La caracterització d'aquesta es dividirà en dues parts, una de caire general, que es basarà amb informació descriptiva, i una segona la qual tractarà aspectes més específics, resultat del treball de camp, o bé d'una consulta bibliogràfica més acurada.

### **2.1. JUSTIFICACIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI**

El sistema de es Comú de Muro, sens dubte, és un dels emplaçaments dunars més característics de l'illa. Tot i que les seves mides no siguin extremadament rellevants, i que tampoc compti amb cap esdeveniment singular geomorfològicament parlant, en ell s'hi conjuguen un seguit de característiques, algunes d'elles extrínseques, que el situen com un indret amb un alt atractiu a l'hora de ser considerat.

La primera característica a tenir en compte és el seu context jurídic. La franja dunar de es Comú conta amb una dilatada història comunal, i actualment es troba inserida dins la delimitació del Parc Natural de s'Albufera, Mallorca. En aquest sentit, no tan sols s'ha de pensar amb el seu grau de protecció, sinó també, amb el que ha suposat aquest respecte la fisonomia actual, així com en la gestió i polítiques de conservació que s'hi han vengut aplicant al llarg de les darreres dècades. La franja dunar de es Comú és la darrera i única partió "natural" que queda de la restinga arenosa que tanca s'Albufera per la seva vessant est, i que la separa del mar. Tot i això, i degut al desenvolupament turístic i urbanístic de la zona, avui ha quedat molt limitat i sotmès a empremtes patents de la petjada humana.

La present tasca no es vol limitar, però, a considerar tan sols la zona dunar de es Comú, sinó que la vol entendre com part d'un sistema litoral que comença a la zona submergida de la badia i que acaba a les zones d'aiguamolls de s'Albufera de Mallorca. L'atractiu d'aquesta proposta passa per la riquesa, i alhora per les diferents

característiques geogràfiques d'aquests ambients. La diversitat d'hàbitats que se poden trobar al llarg de la zona dibuixen un atractiu escenari objecte de consideració, i que de fet, també ha esdevingut atractiu per l'activitat de l'home al llarg dels darrers decennis. Tot plegat ha suposat una considerable vulnerabilitat per aquests ambients, traduïda amb una degradació de les seves característiques naturals.

Canviant d'escala, és digne de considerar la localització del sistema abans esmentat dins el sí de la badia d'Alcúdia. Les característiques geogràfiques de la zona han ajudat al desenvolupament d'un gran nombre de sistemes dunars, que segons Servera (1997), es podien considerar com a un únic sistema fins la fragmentació que aquest va patir amb el massiu i descontrolat desenvolupament urbanístic a partir de la meitat del segle passat. La badia d'Alcúdia, considerada com la segona badia més gran de les Illes Balears, degut a la seva disposició geològica en l'àmbit emergit, i les fonts d'alimentació sedimentària de la part submergida, ha esdevingut factor clau pel desenvolupament del sistema dunar que ens ocupa, i consegüentment, pel tancament de la zona humida.

La localització de la badia en qüestió, dins una zona topogràficament deprimida i amb l'existència d'extensos arenals, va fer, des del principi de l'etapa turística balear, que fos un punt estratègic, objectiu d'assentament de la indústria de "sol i platja". Responent a l'objecte d'aquesta memòria, és d'interès girar la vista enrere per fer una revisió de la història i entendre alguns dels problemes que es presenten actualment. D'aquí se'n deriva doncs, que avui, el sistema dunar de es Comú i la franja de la platja emergida, tot i estar inserit dins el Parc Natural de s'Albufera des de 1988, es vegi totalment limitat per infraestructures rígides enginyerils, afectant totes elles sobre el seu desenvolupament. Tot ha fet que aquest sigui un espai amb un alt interès socio – econòmic, fet que es manifesta amb la gran diversitat d'activitats que s'hi duen a terme.

Conseqüència d'aquest atractiu en són les plataformes urbanístiques que s'han anat desenvolupant al voltant de la franja litoral del Parc Natural de s'Albufera. Les urbanitzacions de Can Picafort per la seva part meridional, i la de les platges de Muro



al nord, junt amb la carretera d'Alcúdia – Artà, han fet que els efectes sobre la franja costanera hagin estat força perjudicials. Una bona via per donar a conèixer propostes positives que caminin cap a una millor i més sostenible gestió, en podria ser la comparació de les distintes situacions i comportaments que tenen lloc, per una banda a la zona natural de es Comú, i d'altra, a la zona semi-natural de sa Caseta des Capellans i a la platja urbana de Can Picafort.

Des d'una altra perspectiva, un fet condicionant és l'alt nivell d'estudi al que ha estat sotmesa la zona d'estudi. Aquesta afirmació es ratifica amb la gran quantitat d'articles i publicacions científiques que han sortit a la llum amb aquest espai com objecte dels seus continguts, així com també, amb la informació recollida pel Parc Natural i els seus col·laboradors. Si més no, els coneixements que abunden, a excepció de l'anàlisi que s'ha fet en algunes publicacions, són de caire ecològic i geomorfològic, mancant estudis referents a la gestió de la zona i dels hàbitats que en ella s'hi troben. D'altra banda, destaca també l'heterogeneïtat de producció científica en funció dels hàbitats que ens volen ocupar. Entre la diversitat, la zona humida de s'Albufera n'és el més estudiat, mentre que el coneixement decreix si parlem d'estudis específics sobre el camp dunar de es Comú, o la platja – aèria i submergida –.

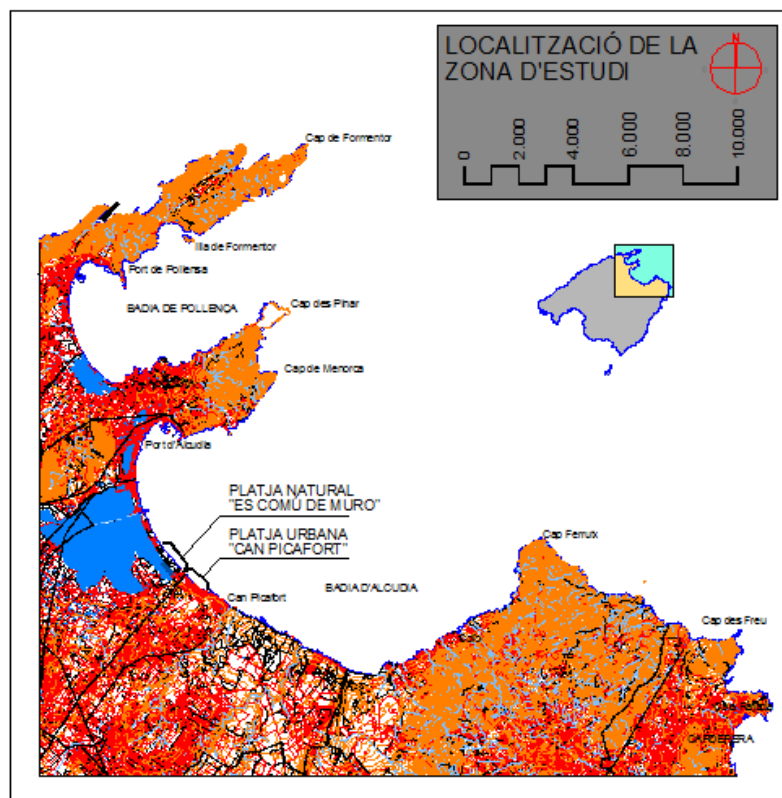
Així, amb el conjunt de característiques esmentades anteriorment, es Comú de Muro, junt amb la platja i la zona humida limítrofe, esdevé un espai atractiu i dinàmic, però a la vegada complex. En ell s'hi donen presència una gran quantitat de factors, naturals i artificials, que interactuen entre ells a una velocitat extrema. Aquest escenari situa l'espai amb condició de ser catalogat com a vulnerable, feble, i per tant, interessant i atractiu per ser estudiat.

Amb aquest propòsit es justifica el desenvolupament d'aquest treball d'investigació, tot per contribuir una mica més amb el coneixement científic d'aquest espai, i a l'hora aprofitar per intentar treure a debat una discussió mitjançant la proposta de mesures de gestió, per procurar així, corregir els errors comesos en el passat, i aconseguir un desenvolupament futur més sostenible i respectuós, tot conjugant el devenir antròpic de la zona amb el comportament natural del sistema.

## 2.2. LOCALITZACIÓ I ENQUADRAMENT GEOGRÀFIC DE LA ZONA D'ESTUDI

La zona d'estudi està situada a l'illa de Mallorca, en l'arxipèlag de les Illes Balears, al quadrant nord occidental de la mar Mediterrània. Concretament es localitza a la part nord est de l'illa, inserida dins el sector septentrional de la badia d'Alcúdia. Es localitza a la zona costanera del municipis mallorquins de Muro i Santa Margalida, enquadrada dins els límits del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca, contemplant també la seva franja dunar i els ecosistemes submarins de la platja submergida. A més, s'introdueix dins la zona objecte d'estudi la platja alta de es Comú de Muro, ses Casetes des Capellans i la platja urbana de Can Picafort (Figura 9). Les coordenades geogràfiques prenent com a referència la línia de costa, i que donen límit a la seva ubicació, són:

- Límit nord: 39°47'12.34"N 3° 7'51.97"E
- Límit sud: 39°45'58.68"N 3° 9'24.14"E



**Figura 9:** Localització de la zona d'estudi.



**Figura 10:** Vista aèria de la zona d'estudi.

La zona d'estudi es correspon al sistema platja-duna de es Comú de Muro, el qual ocupa una superfície aproximada als 2 km<sup>2</sup>, més la línia de costa que va des de la part nord d'aquest fins a la platja de Can Picafort (Figura 10). La platja natural de es Comú s'estén al llarg d'uns 1.675 metres, mentre que ses Casetes des Capellans compten amb una línia de costa que s'allarga al voltant de 480 metres, i la platja urbana de Can Picafort, al llarg de 1.000 metres aproximadament. Pel que fa a la zona marina, s'analitzarà la zona compresa entre la línia de costa i les praderes de *Posidonia oceanica* que alimenten la franja litoral a estudiar.

### **2.3 CARACTERITZACIÓ GENERAL DE LA ZONA D'ESTUDI**

La principal característica que ens defineix la zona és l'heterogeneïtat en els ecosistemes existents, conjugant una varietat paisatgística de gran envergadura. Començant per la part submergida, amb els ecosistemes de *Posidonia oceanica*, en segueix la franja de vegetació psammòfila a la primera línia dunar, i els boscos dunars. Ja dins la zona humida es troben boscos de ribera, boscos de tamarells, canyet, embassaments, vegetació ruderal i camps de cultiu, camps salicorns anuals i perennes, i zona de màquies (Massutí, et al., 2005). Precisament aquesta diversitat d'hàbitats, junt amb les polítiques de gestió i conservació aplicades, ha estat la que avui ha permès a la geografia mallorquina comptar amb una zona natural com aquesta.

Seria imprecís tan sols referir-se a l'alta riquesa ecològica. Les característiques geogràfiques de la zona, i conseqüència també dels interessos de l'home, han fet que aquest hagi estat un emplaçament molt dinàmic socialment parlant, estructurant una xarxa d'interrelacions humanes de gran magnitud, condicionant alhora la seva evolució natural.

### **2.3.1 Aspectes geològics**

Tot i que Mallorca probablement descansi sobre restes Paleozoiques, es considera que el seu origen estructural pertany a l'era Cenozoica (Butzer, 1962). Quan situem la major de les Illes Balears, ho fem dins una àrea en la que l'orogènia alpina actuà dilatadament en el temps, la qual cosa provocà que la morfologia actual de Mallorca, i també de gran part de les Balears, a ella es degui. Les formes de relleu afloren potents sota l'acció de les contraccions d'aquesta fase de plegaments, concretament al Miocè inferior (Colom, 1975).

Mallorca és la part emergida més gran del promontori balear. Aquest promontori, del qual sobresurten també la resta d'illes de l'arxipèlag balear, és un relleu submarí que, des del cap de la Nau, s'estén vers el NE fins a Menorca (Rodríguez-Perea i Gelabert, 1998). Així, la geologia de Mallorca també és el resultat de la seva disposició estructural dins les serralades alpines i de la seva posició en el Mediterrani occidental.

Responent a l'escenari anteriorment esmentat, l'illa està estructurada per dues alineacions de muntanyes, la serra de Tramuntana i les serres de Llevant, orientades totes dues en direcció SO-NE, seguint les tendències bètiques. Separant aquestes alineacions muntanyoses es troben zones més planeres, el Pla central, format per conques reblides per sediments relativament moderns que reproduïxen, a una altra escala, les conques marines que delimiten el promontori balear (Rodríguez-Perea i Gelabert, 1998).

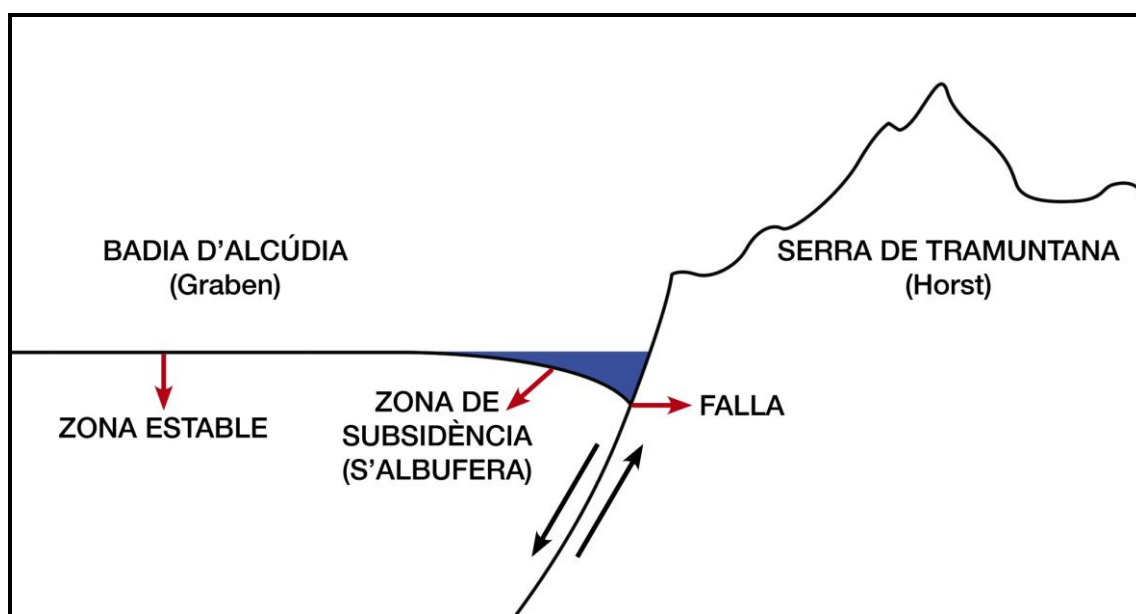
L'illa de Mallorca està constituïda per una alternança de blocs aixecats (*horsts*) i enfonsats (*grabens*) respecte dels blocs adjacents, que es corresponen amb les serres i

planes de la morfologia actual de l'illa. Així, de SE a NO es diferencien clarament les serres de Llevant, les conques de Campos i Manacor, les serres centrals, les conques de Palma, Inca i sa Pobla, i la serra de Tramuntana (Gelabert, 1997; Gelabert i Sàbat, 2004). Els grabens constitueixen les conques que estan reomplertes amb sediments del Miocè superior i Quaternari (Servera *et al.*, 2009). Als *horsts* s'hi troben les serres, que constitueixen segments d'un cinturó de plecs i encavalcaments del Miocè inferior, que afectà la totalitat de l'illa de Mallorca; de fet, per davall les cubetes s'hi troba la continuació dels plecs i encavalcaments que afloren a les serres (Rodríguez-Perea i Gelabert, 1998). Aquesta disposició de *horsts* i *grabens* ve donada per la presència de grans falles normals, amb un desplaçament inclús quilomètric, d'edat Miocè superior, i orientades preferentment NE-SO (Gelabert, 1997; Sàbat i Rodríguez-Perea, 1989; Gelabert i Sàbat, 2004).

En temps post-orogènics les conques observaren un rebliment de materials del Miocè mig-superior i del Quaternari (Rodríguez-Perea i Gelabert, 1998; Gelabert i Sàbat, 2004), variant l'espessor en funció de les cubetes. La depressió central consisteix bàsicament en dos grups de conques alineades NE-SO. Un primer grup serien les conques de Palma, Inca, i Muro-Sa Pobla, mentre que el segon grup estaria format per les conques aïllades de Campos, Manacor i sa Marineta (Gelabert *et al.*, 2002). Sembla demostrat que hi ha un major espessor sedimentari en les conques que pertanyen a la primera alineació, suggerint una major taxa de subsidència que en les conques de Campos, Manacor, i sa Marineta. En el cas de la depressió de Muro – Sa Pobla, s'han datat profunditats de materials sintectònics de fins 1.300 metres (Fuster, 1973). Es pot relacionar la cubeta de sa Pobla amb el moviment de la falla normal al peu de la Serra de Tramuntana. Aquesta falla és lítrica, i s'endinsa fins a una profunditat aproximadament d'uns 8 quilòmetres (Gelabert, 1997).

Cap al vessant est de la cubeta Muro-Sa Pobla hi trobem la Badia d'Alcúdia. Aquesta està oberta en direcció NNE, limitada per la península d'Alcúdia a la seva part septentrional, i per la península de Llevant cap al sud. En el seu conjunt és d'origen estructural, comptant amb la presència d'un seguit de falles direcció NE-SO (Servera, 2002; Servera *et al.*, 2009) i que, avui dia, es corresponen amb l'enclavament d'alguns

torrents, com són el de Son Bauló, Son Real o na Borges. Limitada pel horst de la Serra de Tramuntana i el de les Serres de Llevant, aquesta es troba en una zona deprimida i de deposició on abunden els materials sedimentaris del Quaternari, tot i que amb alguns afloraments del Mesozoic. Estructuralment podem diferenciar dos sectors dins de la mateixa badia. En primer lloc una zona de subsidència a la part nord, la qual es troba lleugerament enfonsada, i que coincideix amb la falla de la Serra de Tramuntana, donant lloc al que avui coneixem com s'Albufera de Mallorca. D'altra banda, en el sector més meridional hi trobem una zona estable, o lleugerament emergida, mostrant avui un paisatge de marina, on apareixen platges d'arena amb l'alternança de petites zones rocoses d'eolianites Plio-Pleistocenes (Figura 11) (Servera *et al.*, 2009).



**Figura 11:** Tall estructural del sector nord de la badia d'Alcúdia, on es poden diferenciar la zona subsident de la zona més estable.

La geomorfologia litoral de la Badia d'Alcúdia, amb caps i platges, ha esdevingut factor important per explicar la morfologia i la disposició dels sistemes dunars al llarg de la mateixa. El cap de Formentor i la Península d'Alcúdia, ambdós en direcció NE-SO, han suposat la protecció dels vents de Tramuntana, a excepció del pas denominat com a corredor d'Alcúdia – depressió causada per erosió diferencial Miocena –, canalitzant els vents del nord i afectant la costa arenosa NO de la mateixa badia (Servera *et al.*, 2009).

La fletxa litoral situada a la part septentrional de la badia es formà al llarg de l'Holocè (Gelabert *et al.*, 2002; Servera, 2002), amb direcció S-N, suposant una restinga arenosa d'entre 400 i 750 metres d'amplària. La formació d'aquesta barra propicià el tancamanet vers al mar de la zona humida cap als 2.400 BP (Goy *et al.*, 1997). Primer es va començar a forjar com a una barra submergida i després, amb el pas del temps i amb l'acumulació de sediment, va anar augmentant les seves dimensions fins emergir a la superfície. A partir d'aquesta barra, el camp dunar s'hi va anar desenvolupant a sobre fins a configurar la morfologia actual.

A part de l'activitat neotectònica, l'evolució costanera de la Badia d'Alcúdia, a l'igual que la resta de la costa mallorquina, respon també als canvis en el nivell del mar i dels paràmetres climàtics al llarg del Quaternari (Goy *et al.*, 1997). Aquests canvis produïren variacions en el nivell marí a escala mundial, i afectaren molt significament l'evolució geomorfològica de les nostres costes. Respecte a les costes mallorquines, el Plistocè superior – amb les glaciacions del Riss i Würm<sup>2</sup> – és l'etapa que més evidències deixà sobre aquestes variacions en el nivell del mar (Vicens i Gracia, 1998). Tectònicament parlant, l'illa de Mallorca ha esdevingut molt tranquil·la des del Pleistocè inferior o mitjà. Amb aquest escenari, i pel fet de que al Plistocè superior hi trobem una seqüència notable de períodes freds i càlids, avui es té una vasta informació dels moviments eustàtics del Plistocè superior, i dels efectes que aquests van tenir sobre les costes.

Les pujades i davallades del nivell de la mar han estat decisives per modelar el litoral mallorquí (Vicens i Gracia, 1998). Les transgressions màximes al llarg del Quaternari ocasionaren una línia de costa i una superfície geogràfica de l'arxipèlag molt diferents de les que trobam avui dia. Així, la mar entrà profusament per les badies i zones baixes, disminuint, fragmentant i anegant part del territori emergit (Gracia i Vicens, 1998). Aquests esdeveniments geològics afectaren especialment a zones deprimides, com n'és el cas de la Badia d'Alcúdia, i més concretament, s'Albufera de Mallorca.

---

<sup>2</sup> Aquestes foren les darreres glaciacions, i també les més intenses. Suposaren una davallada del nivell del mar fins a uns cent metres per sota del nivell actual (Gracia i Vicens, 1998).

### 2.3.2. Aspectes climàtics

La localització en la qual ens centrem és el factor principal que determina el seu escenari climàtic. Deguda la seva situació geogràfica, el clima de la zona és típicament mediterrani, amb estius secs i calorosos, temperatures mitjanes altes — 24,3° C a l'agost, i 17,° C de mitjana anual –, i amb una absència quasi total de precipitacions al juliol i a l'agost. Oposada a una estació seca estival, les precipitacions són relativament abundants a finals d'estiu, tardor i primavera. Al 2009, la precipitació recollida al llarg de l'any es situa als 795,3 mm, amb xifres màximes al mes de setembre, acumulant 244,9 mm, i posant de manifest el seu caràcter de clima mediterrani costaner. Des d'aquesta perspectiva, la irregularitat és el que caracteritza la distribució de les precipitacions al llarg de l'any, amb pluges estacionals marcades i més de dos mesos secs – en el 2009 trobem que els mesos de juny, juliol i agost no van contemplar gairebé precipitació – (Figura 12).

La mitjana anual de la temperatura – 17,1 °C – esdevé bon indicador per caracteritzar el clima de la zona com estrictament mediterrani, suposant una temperatura mitjana anual elevada o alta. Al 2009 la màxima es donà al juliol, amb una mitja de 24,6 °C, mentre que la temperatura mensual mínima es produí al febrer, registrant-se una mitjana de 10,1 °C. En termes més generals, el mosaic tèrmic anual de la zona es dibuixa amb temperatures mitjanes baixes entre el desembre i el març, arribant també, i ocasionalment, a valors negatius de mínima absoluta entre el novembre i abril (Taula 2 i Figura 12). Els paràmetres de l'amplitud tèrmica anual també responen amb pautes que enfoquen cap a un clima mediterrani costaner. L'amplitud tèrmica al 2009 esdevingué de 14,5 °C, alternant temperatures altes al llarg dels mesos d'estiu i temperatures suaus a l'hivern.

Atenent a l'Índex de Gaussen, el qual ens determina l'aridesa mensual d'una determinada zona, un mes serà àrid quan el doble de la seva temperatura mitja sigui major o igual al total de les seves precipitacions ( $2T^{\circ} \geq \text{Precipitacions}$ ). Així, , al 2009 es registraren un total de quatre mesos secs, concretament maig, juny, juliol i agost (Taula 2), en que el doble de la seva temperatura mitja va registrar valors superiors als



de la seva precipitació (mm). Segons els paràmetres que defensa aquest índex doncs, parlariem d'un clima mediterrani, atenent a que es registren més de dos mesos àrids.

Pel que fa l'aridesa general al llarg de l'any, i prenent l'Índex de Lautensach-Meyer com eina per determinar l'aridesa d'una zona considerant el nombre de mesos al llarg de l'any amb dèficit d'aigua, parlariem d'un emplaçament semiàrid, amb un total de set mesos amb precipitacions inferiors als 50 mm.

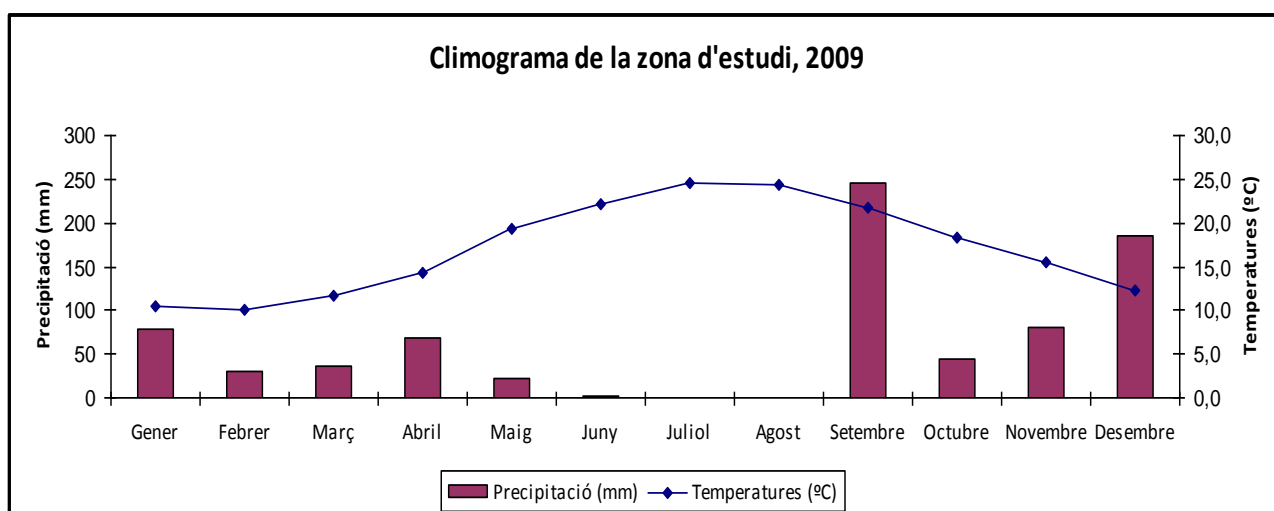
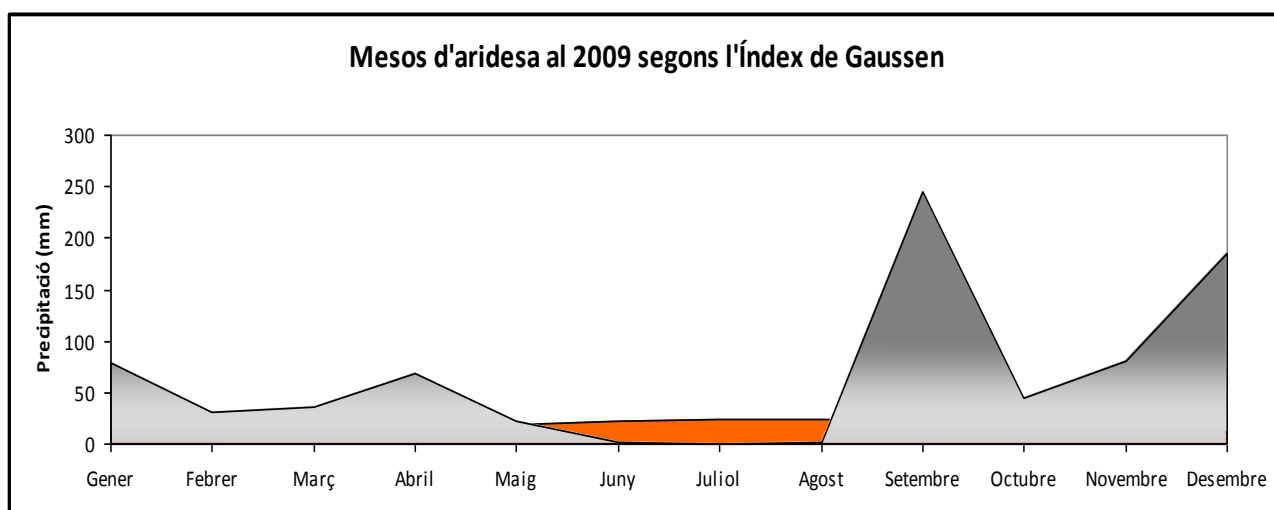
Tot i el patró definit anualment, l'anàlisi climàtica d'una sèrie temporal representativa ens mostra variacions importants en el transcórrer del temps. S'ha fet així una valoració del comportament climàtic de la zona entre els anys 1987 i 2009 (Taula 3 i Figura 13), suscitant aquesta variacions dignes de ser comentades. Pel que respecte al comportament tèrmic, s'esdevingué un escenari considerablement calorós entre els anys 1987 i 1991, amb temperatures mitjanes anuals ben al devora dels 18° C. Aquesta tendència baixà dràsticament al 1992, disminuint la mitja gairebé 1° C, fins després situar el 1993 com l'any més fred de la sèrie analitzada, amb una temperatura mitjana per sota dels 16° C. A partir d'aquest punt, les variacions tèrmiques registrades han dibuixat una línia de tendència negativa (Figura 13), tot i que amb fluctuacions en el seu devenir. Algunes que cal comentar són la pujada de temperatures sofertes entre 1997 i 2000, les mitjanes anuals superiors als 17° C al 2003 i 2004, o la punta registrada al 2006, amb una mitja de 17,6° C. L'amplitud tèrmica mitja esdevé valors força baixos, situant-se en els 2,6° C.

Les fluctuacions en el comportament de les precipitacions tampoc han estat absents en el transcórrer dels anys analitzats. Són característiques les puntes pluviomètriques que es veuen al llarg de la seqüència, esdevenint clars exemples els anys 1990, 1991, 1996, 2002, 2008, i 2009, arribant a valors per sobre dels 800 mm/any, i sobrepassant la mitjana anual característica. Els registres màxims de precipitació en aquesta sèrie es donaren al 2008, amb un total de 925,3 mm/any, mentre que l'any més sec fou el 1999, amb una acumulació de 367,6 mm/any, suposant una mitjana pluviomètrica total que es situa en els 615,1 mm (Taula 3 i Figura 13).

Registre climatològic 2009. S'Albufera de Mallorca

Mes	Temperatura mitja (°C)	Precipitació (mm)	Aridesa (I. Gaussen)
Gener	10,4	79,2	20,8
Febrer	10,1	31,2	20,2
Març	11,6	35,6	23,2
Abril	14,3	68,3	28,6
Maig	19,3	22,4	38,6
Juny	22,2	2,3	44,4
Juliol	24,6	0	49,2
Agost	24,3	1	48,6
Setembre	21,8	244,9	43,6
Octubre	18,4	44,7	36,8
Novembre	15,5	80	31
Desembre	12,3	185,7	24,6
<b>Mitjana</b>	17,1	66,3	
	<b>Total mm/any</b>	795,3	

**Taula 2:** Dades referents a les variables climàtiques enregistrades a l'estació meteorològica del Parc Natural de s'Albufera. **Font:** <http://www.mallorcaweb.net/salbufera/>



**Figura 12:** Representació gràfica del registre climàtic a la zona d'estudi al llarg de l'any 2009. Temperatura, precipitació i aridesa. **Font:** <http://www.mallorcaweb.net/salbufera/>

Reflectint el comportament mig des d'una visió general, i després d'aplicar a la sèrie una línia de tendència per cada una de les variables analitzades, és perfectament perceptible com la tendència de les temperatures ha estat negativa. No obstant, i oposant-se al règim tèrmic, les precipitacions projecten una línia positiva, demostrant un augment en la mitjana anual (Figura 13b).

En algunes ocasions, les divergències de comportament entre els dos paràmetres han suposat esdeveniments a considerar. Dins la sèrie es destaquen dos sub-períodes àrids, coincidint amb mitjanes tèrmiques elevades i baixes precipitacions. El primer exemple el trobem entre 1987 i 1992, amb excepció dels anys 1990 i 1991. No obstant, el període més sec al llarg d'aquests vint i dos anys va ser de 1997 a 2001, amb acumulacions de precipitació anuals baixes i amb mitjanes tèrmiques al voltant dels 17 °C. (Figura 13c). Oposant-se al dit, cap dir també que alguns anys han finalitzat amb un notable acumulament hídric, registrant mitjanes pluviomètriques superiors a les mitjanes tèrmiques. Clars exemples són els anys 1996, 2002 i 2008 (Figura 13c).

Sens dubte, els desajustaments en el comportament de les variables analitzades tenen efectes sobre la biodiversitat de l'espai, amb incidència sobre la zona humida de l'àrea d'estudi. Precisament, i degut a les característiques geogràfiques d'aquest indret, gran part de les seves espècies depenen, d'una manera o altra, de l'existència i les reserves d'aigua. Les espècies limícoles per exemple, demandants d'aigua per poder dur a terme el seu període vital, són un dels grups més afectats si parlem de períodes secs. La manca d'aigua genera una reducció de biodiversitat en aquests ambients, mentre que de manera indirecta, la quantitat d'aliment per a moltes d'aquestes espècies minva, afectant per exemple a les poblacions d'*Egretta garzetta* o d'*Ardeola ralloides*. Els anys amb mitjanes tèrmiques que discerneixen del rang normal també tenen efectes sobre la biodiversitat de l'espai, en aquest cas amb especial èmfasi sobre els processos migratoris d'aus, sobre el procés vital de les plantes, exposades a una gran reducció del contingut hídric (Llorens *et al.*, 2007). La situació inversa és comuna de l'època hivernal i de la tardor. L'excés de precipitació també suposa efectes sobre la zona. En moments de pluges intenses, els torrents que baixen de la serra poden

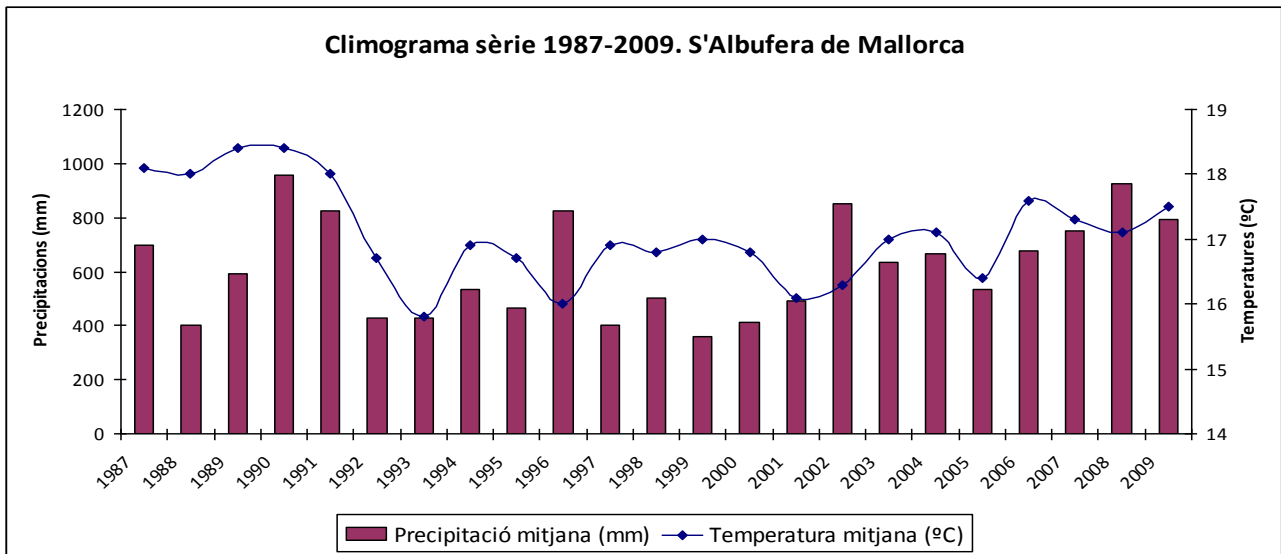
replegar molta d'aigua, provocant inundacions i desbordaments, sobretot a les zones més baixes. Així, s'Albufera és la més afectada pel que fa aquestes grans aportacions d'aigua.

Les “plenes” no esdevenen de forma gratuïta, sinó que amb elles se'n deriven paral·lelament una sèrie d'efectes a tenir en compte, afectant de manera directa cada un dels ecosistemes que trobem a s'Albufera. Alguns exemples clars en són la disminució de la salinitat conseqüència de l'aigua dolça, canvis en la morfologia de sediment degut a l'arribada de sediments continentals, augment de partícules químiques amb origen a les terres agrícoles limítrofes, creixement dels nitrats dins l'aigua, major turbidesa de l'aigua disminuint la llum que hi penetra, disminució de l'oxigen deguda la proliferació de les algues, etc. (Mir-Gual i Bergas-Rydenfords, 2007).

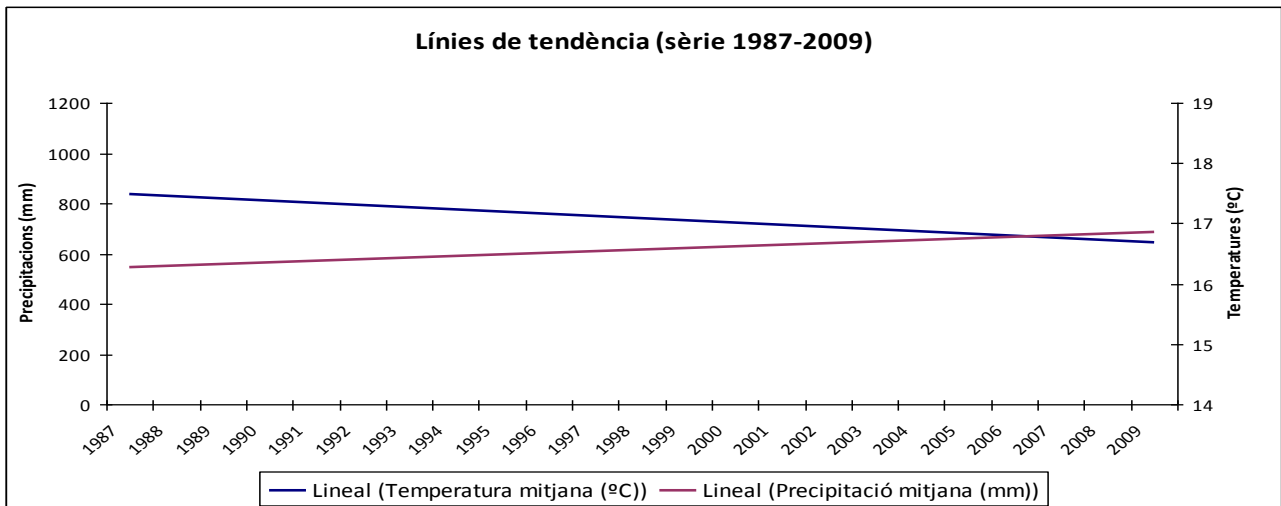
Sèrie climàtica 1987-2009		
Any	Temperatura mitjana (°C)	Precipitació mitjana (mm)
1987	18,1	695,7
1988	18	401,5
1989	18,4	591,9
1990	18,4	959,1
1991	18	825,6
1992	16,7	425,9
1993	15,8	427,1
1994	16,9	534,3
1995	16,7	466,3
1996	16	822,2
1997	16,9	399,3
1998	16,8	500,2
1999	17	357,6
2000	16,8	413,4
2001	16,1	491,7
2002	16,3	853,1
2003	17	634,7
2004	17,1	664,2
2005	16,4	533,7
2006	17,6	677,8
2007	17,3	751,6
2008	17,1	925,3
2009	17,5	795,3
<b>Mínima</b>	15,8	357,6
<b>Màxima</b>	18,4	925,3
<b>Mitjana sèrie</b>	17,1	615,1

**Taula 3:** Sèrie climàtica enregistrada a s'Albufera. Font: <http://www.mallorcaweb.net/salbufera>

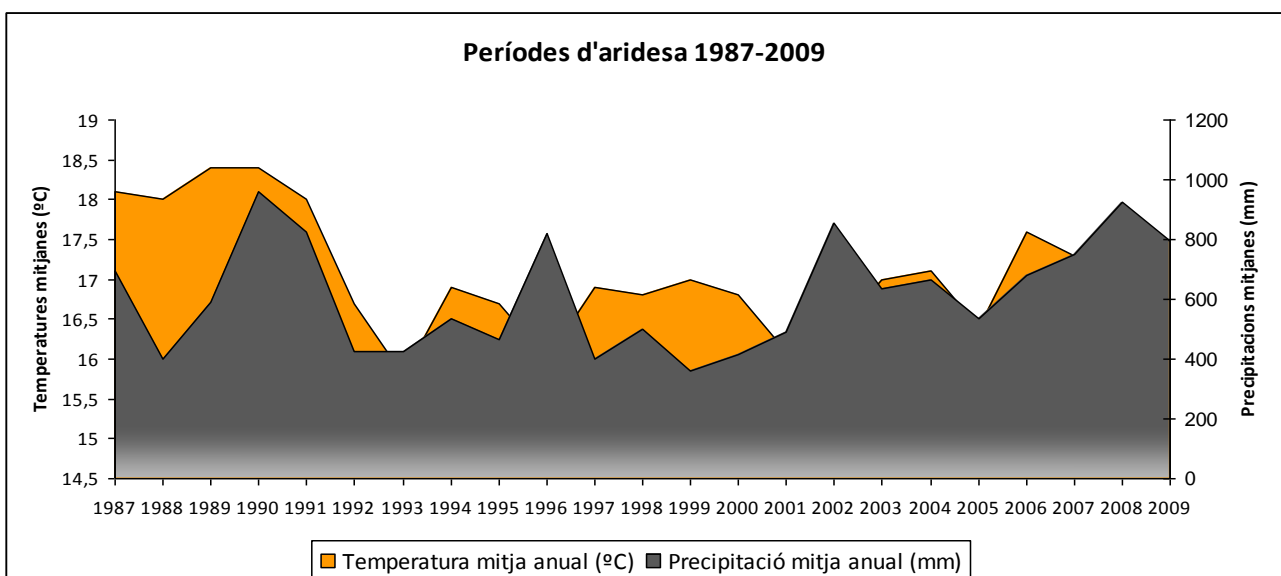
A



B



C



**Figura 13:** Representació gràfica de les sèries de precipitació i temperatura as'Albufera en el període 1987-2009.

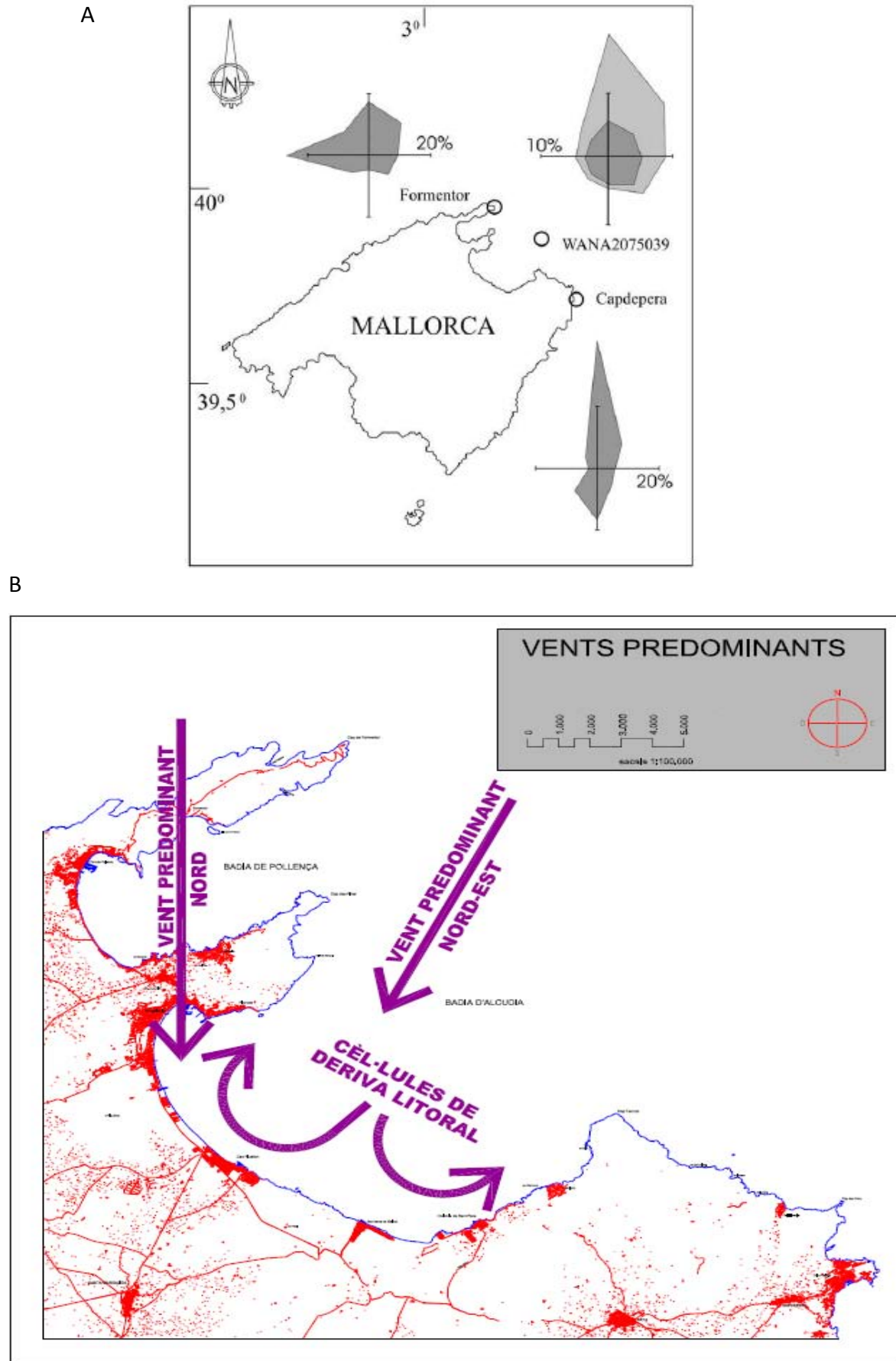
Font: <http://www.mallorcaweb.net/salbufera>

### 2.3.2.1. Els vents predominants

Quan parlem d'un espai litoral com el que ens ocupa, la consideració del vent com agent mecànic és imprescindible. Aquest intervé de diferents maneres sobre les zones costaneres, a més de ser l'agent responsable en quant la generació de l'onatge. El règim de vents litorals a les Balears està íntimament lligat al comportament del règim a escala regional. Tan sols les modificacions dels factors de caràcter local suposen uns trets específics per cada zona. A l'illa de Mallorca, oberta als quatre punts cardinals, en l'estació freda hivernal i en les dues de transició, tardor i primavera, hi predominen els vents de component N, seguits dels de component O. En canvi, al llarg de l'estació estival, els que predominen són els component E. Els de N i O estan associats a la circulació general de les regions temperades, mentre que els de E es lliguen a la presència de les depressions tèrmiques d'estiu, al SE de la península Ibèrica (Servera, 2004).

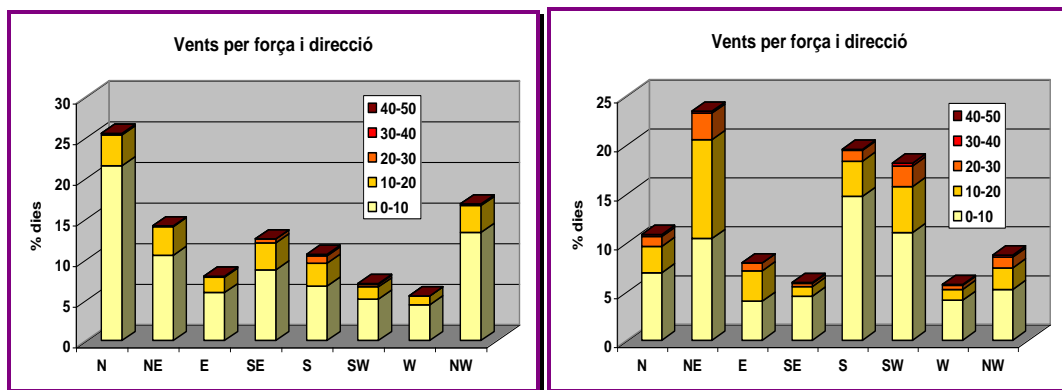
Tenint en compte els dies en els que el vent bufa a més de 4 m/s, segons Bagnold (1954) l'umbral de velocitat necessària per moure arenes mitges (0,25 mm), com el que trobem a la badia d'Alcúdia, al sud, concretament al far de Capdepera, els vents predominants són els que provenen de direcció N, amb més del 41% dels dies al llarg de l'any, mentre que cap al nord, concretament al far de Formentor, els que hi predominen són de component O, amb un total del 26% del dies, seguits dels de component N, amb el 17,4% (Figura 14a) (Servera, 1997; Gelabert *et al.*, 2002; Servera *et al.*, 2009).

La part septentrional de la badia es veu protegida dels vents de component N i O degut a la presència de l'estructura muntanyosa de la serra de Tramuntana. Si més no, Gelabert *et al.* (2002) i Servera *et al.* (2009) determinen l'existència del que anomenen el corredor d'Alcúdia, amb direcció N-S, delimitat a l'est per la península d'Alcúdia i a l'oest pel puig de San Martí. Aquest fet és el que determina que la influència dels vents de component N, canalitzats primer per la badia de Pollença en direcció N-S (Figura 14b), també es puguin considerar predominants a la zona d'estudi, fet que queda palès en la disposició i morfologia del sistema dunar d'es Comú de Muro.



**Figura 14:** Dins la Badia d'Alcúdia, amb vents predominants del N i NE, es formen dues cèl·lules de deriva litoral les quals incideixen en la redistribució del sediment al llarg de la línia de costa.

En el cas del de la part central i meridional de la badia, els vents que imperen són els de component N i NE (Figura 14b).



**Figura 15 :** A l'esquerra la gràfica referent al punt d'observació B780-Port de Pollença, i a la dreta de l'observatori B691-Sa Pobla Sa Canova. Font: [www.puertos.es](http://www.puertos.es) / INM, Balears, 2007 (WANA2075039)

La consideració del vent predominant és d'especial importància quan es tracta un espai litoral com es Comú. L'efecte d'aquest com agent mecànic té un pes considerable pel que fa la configuració i modificació de la línia de costa, influint també sobre la morfologia del camp dunar. En algunes ocasions, la valoració estructural del relleu adjacent no s'ha de deixar córrer, degut a la capacitat que aquest factor pot arribar a tenir en quant la modificació dels vents predominants, o si més no, en la canalització d'algun règim eòlic local.

A banda dels vents dominants, cal parlar també de la importància de l'embat. Aquest és un règim de brises litoral i que està lligat a l'efecte termoregulator de la mar. Al llarg del dia la radiació solar fa augmentar molt la temperatura de la terra, oposant-se amb el que ocorre sobre la superfície marina, que degut a la seva inferior capacitat, no s'esclafa tant. Amb aquest escenari, durant el dia la terra està més calenta que el mar, generant brises de mar cap a terra degut a les diferències de pressió (Jansà, 1994). Durant els mesos d'abril a octubre, les diferències tèrmiques que s'estableixen entre l'interior de l'illa i la mar donen lloc a un moviment de l'aire que, si no hi ha un vent regular predominant, genera una brisa amb un règim homogeni. Es forma entre les 9-10h del matí i desapareix entre les 18-19h. A la costa pot arribar a assolir velocitats mitjanes que es mouen entre els 25-30 km/h, el que suposa entre 6,9 m/s i 8,33 m/s respectivament (Servera, 2004), velocitat per sobre de l'umbral dels 4,5 m/s com a punt crític pel que fa al moviment del sediment (Bagnold, 1954). En el cas de la badia



d'Alcúdia, durant el període estival, l'embat pot arribar a generar moviments d'aire força 4 (Jansà, 1994). A la nit, aquest brisa s'inverteix bufant de terra cap a mar, i es coneix amb el nom de terral, però mai arriba a assolir les velocitats de l'embat.

Degut a les dimensions de l'illa, i dins el marc geogràfic balear, l'embat és més perceptible en el cas de Mallorca. L'efecte sobre la línia de costa pot ser important, sobretot en costes baixes arenoses, esdevenint agent transportador del sediment. Tot i que l'embat entra en direcció perpendicular a la línia de costa, terra endins es pot veure modificat per una multitud de factors, destacant els esdeveniments orogràfics (Servera, 2004).

#### 2.3.2.2. *L'onatge local*

En l'espai litoral hi conflueixen distints processos energètics. Aquesta energia prové bàsicament dels mateixos moviments de la mar, expressats majoritàriament per l'onatge i els corrents litorals. La importància de les ones és fonamental per la configuració i morfologia de la primera línia de costa, no tant a llarg termini, sinó modificant els perfils litorals de forma recurrent. Aquest és l'agent que provoca que el sediment d'origen marí arribi a la primera línia de costa, i posteriorment sigui depositat sobre la part inferior del *backshore*. A més de la seva capacitat sedimentària, els efectes d'erosió que l'onatge pot suposar per la platja alta també són d'especial rellevància. En període hivernal, on l'energia augmenta, els temporals marins que incideixen sobre aquest ambient suposen una transformació considerable del perfil, bé per l'erosió directa del sediment, o bé per la deposició massiva de restes d'organismes marins.

La localització i les característiques físiques de l'entorn, així com la direcció de vents predominants, fan que l'onatge imperant en aquest punt provingui del N. Així ho corroboren les gràfiques mostrades anteriorment (Figura 14b), elaborades a partir de dades extrapolades referents a tres anys distints, enregistrades per la Boia WANA2075039 (Figura 17, 18 i 19), i que en cada una d'elles l'onatge del nord és el que predomina de forma clara, situant-se per sobre del 35% en relació als dies que

aquest és dominant. No obstant, hi ha anys on, a part dels vents de component nord, altres direccions recalen també amb la importància d'aquest agent. Els anys 2000 i 2005 en són bons exemples, destacant-hi l'onatge del sud-est (Figura 17). Dins una escala de mesura més petita, també podríem entrar a valorar l'onatge de l'est, que inclús en algunes ocasions s'igualava amb el del nord-est, com és el cas dels anys 2000 i 2009. Alguna de les anomalies que podem trobar a les gràfiques és per exemple la que observem al 2000, en que l'onatge del nord disminueix notablement – una mica per sota del 25% dels dies al llarg de l'any –, en detriment de l'estrany augment dels vents amb component sud i sud-oest (Figura 17).

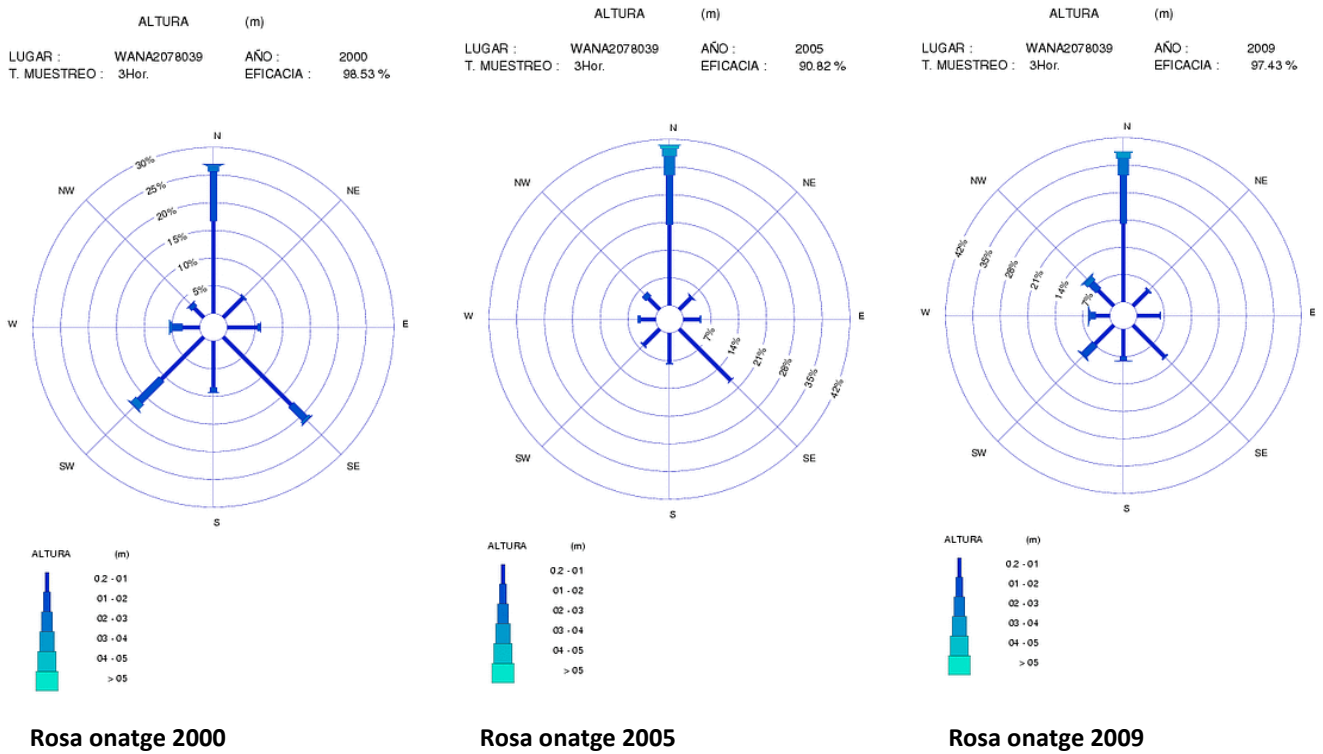


**Figura 16:** Imatge d'un escarpament arenós a la platja emergida de es Comú conseqüència de la refracció de l'onatge (hivern 2010).

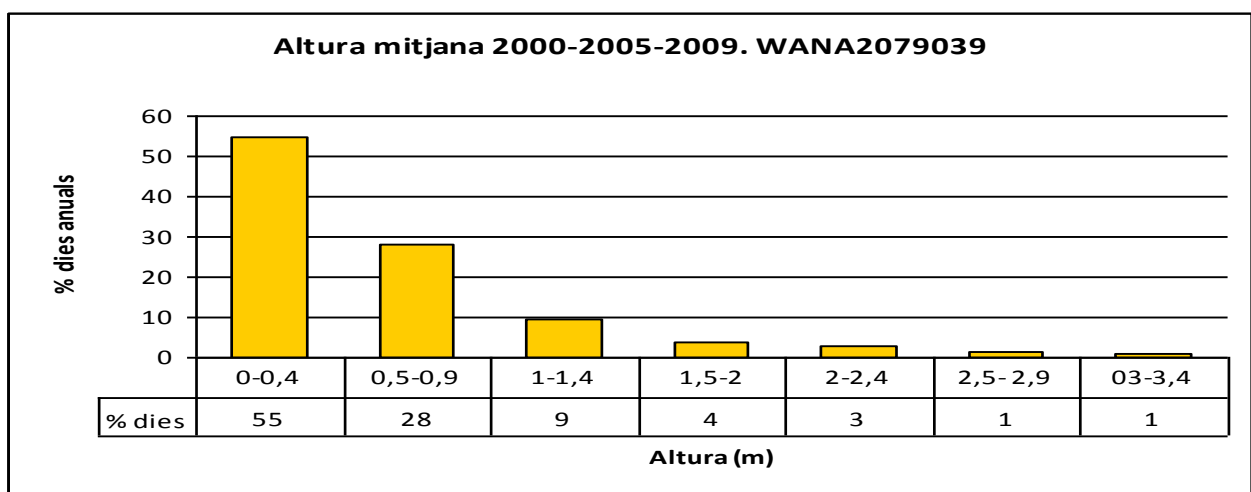
Pel que fa a la magnitud de les ones, aquestes són principalment moderades, de poca altura i que la majoria es mouen entre els 0,2 i 1,8 m d'alçada. Es percep una clara diferenciació entre el comportament de l'onatge hivernal i el que es dona al llarg del període estival (Figura 19). L'energia al llarg de l'hivern augmenta considerablement, sent el punt on es donen les màximes d'altura anual, que en ocasions no recurrents poden arribar a superar els 4 metres d'altura. Sent mostres preses en un mar tancat com és el cas del Mediterrani, es consideren ones d'important magnitud les que

superen els 2 metres (Figura 18), recurrents al llarg del període fred. hivernal, a l'estiu és quan l'energia de l'onatge minva, amb ones inferiors al metre d'altura.

### SÈRIE DE DADES EXTRETES DE LA BOIA WANA 2075039

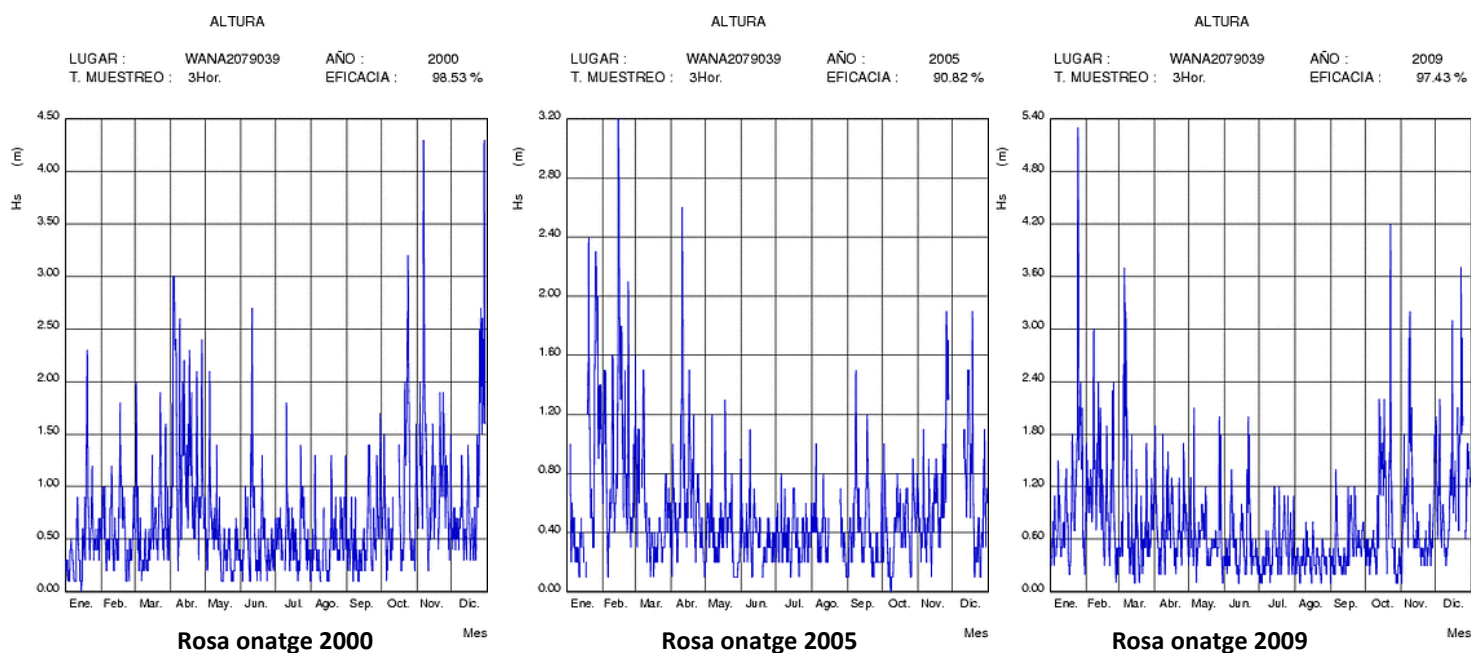


**Figura 17:** Dades d'onatge enregistrades per la boia WANA 2075039 en els anys 2000, 2005 i 2009. Font: [www.puertos.es](http://www.puertos.es)



**Figura 18:** Altura mitjana de l'onatge enregistrat per la boia WANA 2075039 als anys 200, 2005 i 2009. Font: [www.puertos.es](http://www.puertos.es)

### ALTURA MITJA ANUAL DE L'ONATGE. BOIA WANA2075039



**Figura 19:** Altura mitjana mensual de l'onatge enregistrat per la boia WANA 2075039 als anys 200, 2005 i 2009. Font: [www.puertos.es](http://www.puertos.es)

#### 2.3.2.3. Les corrents marines

Tot i que amb un efecte inferior sobre el litoral que ens ocupa, els corrents litorals o marines també tenen veu en el que respecte la morfologia i configuració de la primera línia de costa.

En el cas de la badia d'Alcúdia, deguda la seva obertura cap al NE, les pautes de corrents litorals es donen bàsicament per la creació de dues cèl·lules. A la part septentrional la més important d'elles, girant amb sentit horari, mentre que al sud de la badia, se'n crea una de dimensions inferiors seguint direcció anti-horària.

La batimetria serà un factor important a l'hora de determinar les corrents marines existents. En el cas de la badia d'Alcúdia, aquesta és suau però no homogènia. Al sector sud, i paral·lelament a la línia de costa, és més abrupte, mentre que cap al nord es dibuixa una suau convexitat, amb un pendent més moderat (veure apartat **2.4.5.**) (Figura 40). Aquesta convexitat és precisament la que ens explica el transport i la deposició de sediment generada per la cèl·lula septentrional, a través de corrents

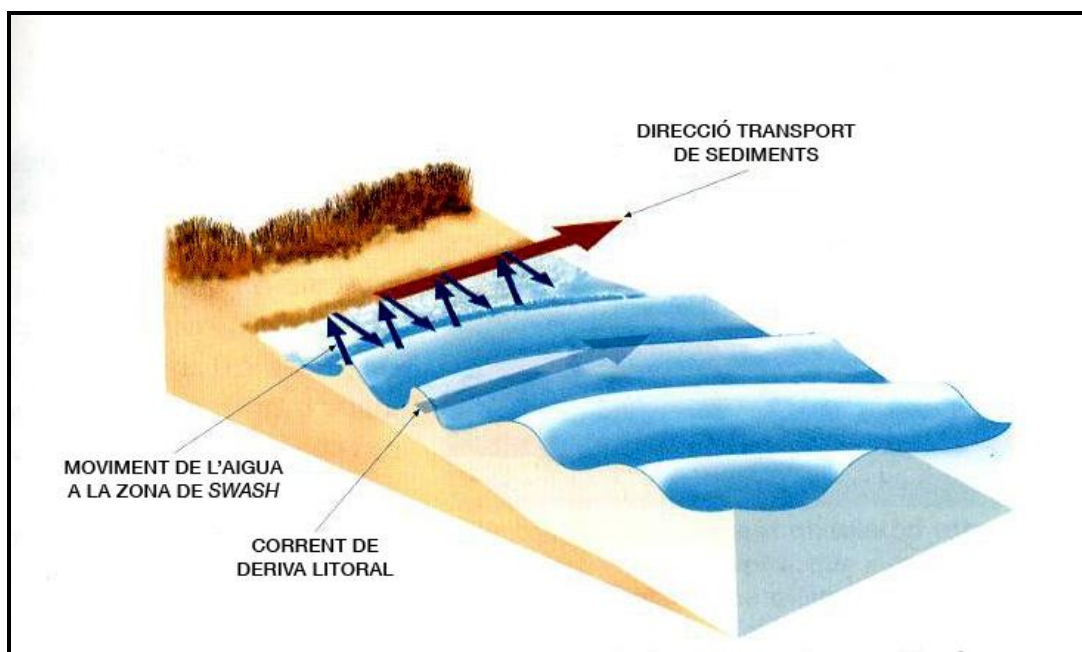
longitudinals amb una lleugera obliqüitat respecte a la primera línia (*cross-shore*) (Servera, et al., 2009), projectant un vector d'energia paral·lel a la vorera en el sentit de l'onatge, i afectant únicament la zona entre el rompent de les ones i la línia de costa.

Els corrents longitudinals són els responsables directes de la deriva litoral. Tal com explica Servera (2004) l'existència de dues cèl·lules diferenciades en la pròpia badia d'Alcúdia explicaria la distribució del sediment. Segons Servera (2004), en un litoral orientat N-S i obert a orient, la deriva serà en direcció S-N per les zones on l'onatge predominant sigui procedent del N-E (cèl·lula septentrional) (Figura 14 i 20). D'altra banda, l'efecte contrari es produirà en el casos on l'onatge predominant sigui E-S, generant aquest un transport amb direcció N-S (cèl·lula meridional).

Tot just després d'actuar l'onatge, les *cross-shore* són l'agent responsable de desplaçar i distribuir el sediment en suspensió al llarg de la línia de costa. Precisament, i atenent aquesta característica, no es poden deslligar les corrents esmentades d'actuacions tals com les regeneracions artificials de platges. La badia d'Alcúdia en general, i particularment la zona d'estudi que ens ocupa, en són bons exemples per valorar la magnitud d'intervenció que tenen aquestes corrents envers les reconstruccions artificials de sediment. Històricament existeix un registre de regeneracions dutes a terme, concretament a la platja urbana de Can Picafort i a les platges de Muro, amb xifres que al llarg dels darrers 20 anys es situen per sobre dels 40.000 m<sup>3</sup>, deixant de banda la platja inserida dins el Parc Natural de s'Albufera (Basterretxea *et al.*, 2007). El fet d'utilitzar sediment de localitzacions llunyanes a la zona de destí, i que aquests presentin característiques morfològiques i naturals diferents, ha perjudicat notòriament la mida de gra i naturalesa de l'àrea a la que ens referim.

Històricament les regeneracions de les platges de Can Picafort i Muro s'han nodrit de sediments procedents de les zones marítimes de Cap Ferrutx (a 18 km de l'emplaçament de destí) i de la llunyana costa de Banyalbufar, localitzada al quadrant nord-oest de l'illa. La divergència en l'origen del sediment suposà una alteració considerable en quant a les seves característiques naturals (Servera, 2002;

Basterretxea *et al.*, 2007). Amb aquest escenari, els corrents longitudinals de la badia en la seva part septentrional, amb direcció S-N, provocaren una redistribució del sediment al llarg de la primera línia, afectant també la seva morfologia a la platja natural de es Comú de Muro, inicialment estreta de l'àmbit d'actuació.

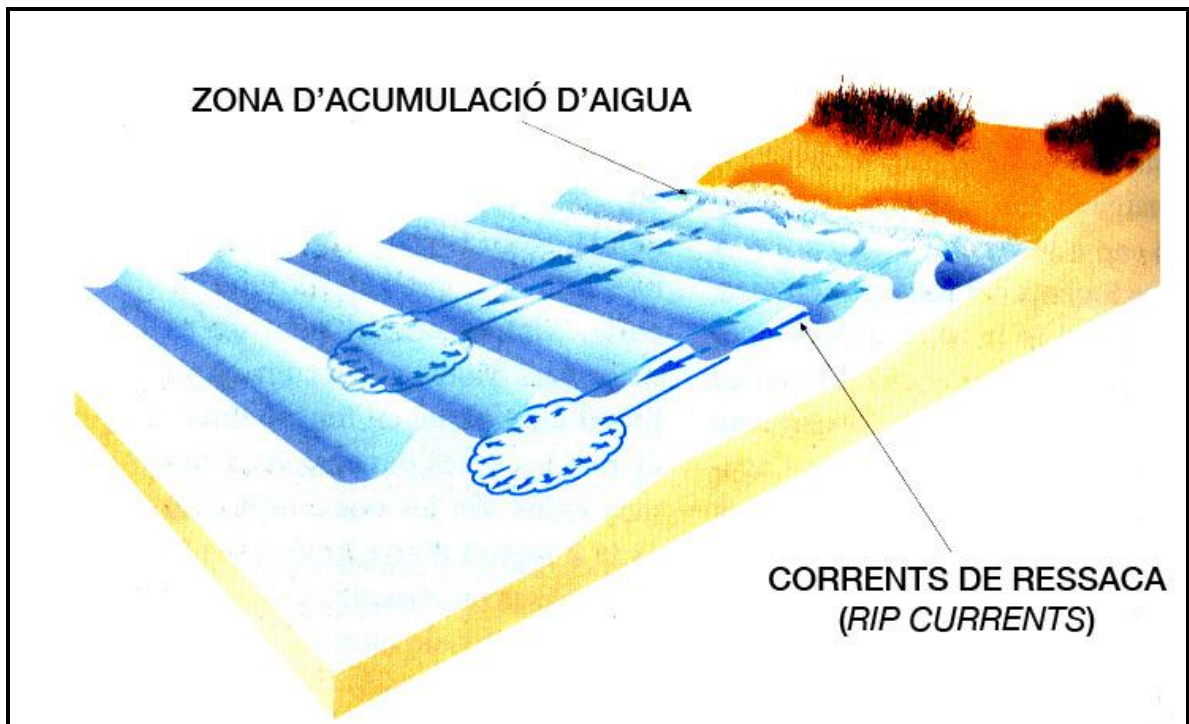


**Figura 20:** Esquema representatiu de les corrents longitudinals de deriva litoral adaptades a la situació del sector septentrional de la badia d'Alcúdia. Modificat de Servera (2004).

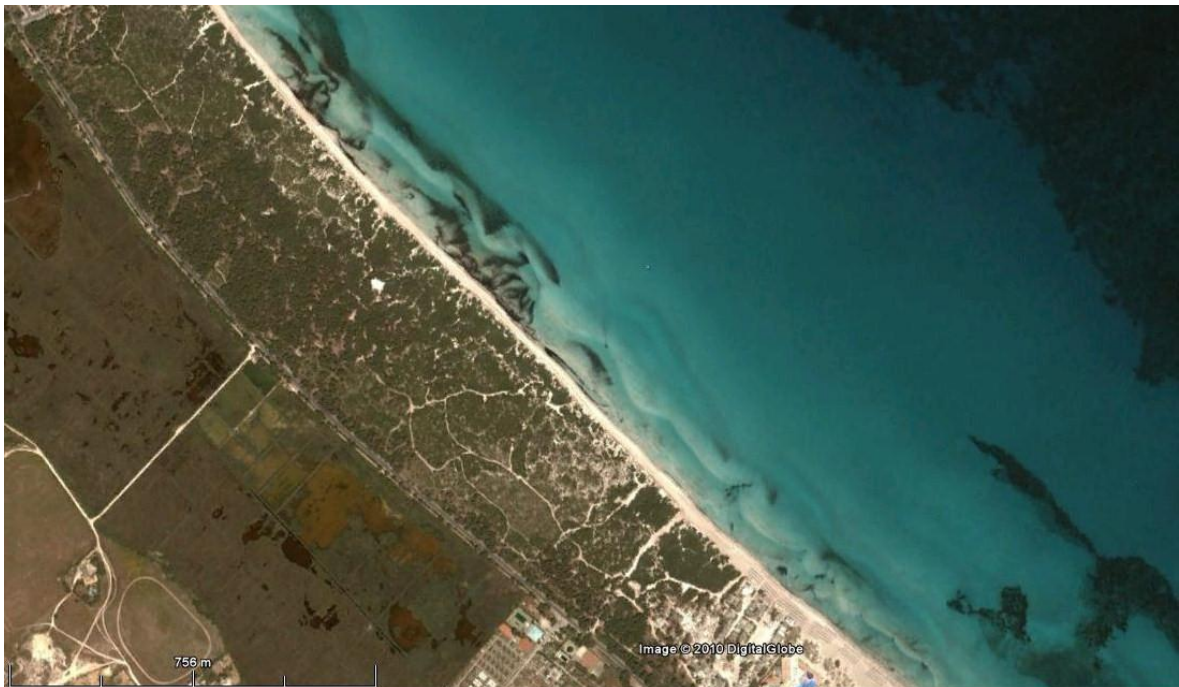
Un altre tipus de corrents litorals, existents també a la badia d'Alcúdia, en són els que es denominen corrents perpendiculars, provocats pel continu desplaçament de masses d'aigua sobre la primera línia, i el seu retorn mar endins. En podem diferenciar dos models distints. Un primer es correspon a un retorn difús, poc organitzat i de difícil observació. En segona instància destaquen el que s'anomenen corrents de ressaca (*rip currents*) (Figura 21), que amb una escala d'actuació més concreta, també tenen capacitat per modificar el perfil de platja (Dalrymple i Lozano, 1978). Aquestes responen a un flux de retorn en cèl·lules organitzades, definint corrents concentrades que poden arribar a assolir velocitats de 2 a 4 m/s (Servera, 2004). En el cas de la zona d'estudi, aquests fluxos es deixen veure recurrentment, tenint capacitat per modificar el perfil a la zona de *foreshore*, inclús per trencar les barres submergides situades a la zona proximal (Figura 22). Cal considerar per acabar, que degut a les seves característiques, comporten un perill important pels banyistes i usuaris de les platges,



sent responsables directes de molts dels ofegaments que es produeixen a les platges de les Balears.



**Figura 21:** Esquema representatiu de les corrents de ressaca o *rip currents*. Modificat de Servera (2004).



**Figura 22:** Com s'aprecia a la figura que es presenta, les barres arenoses submergides es disposen de forma paral·lela a la línia de costa. Aquestes, adaptant una forma semicircular alternada, es veuen trencades per canals de desaigna (*runnels*) provocats per les corrents de ressaca.

### **2.3.3. Aspectes biòtics**

La diversitat paisatgística que estructura l'àrea estudiada pot ser en sigui la seva característica més rellevant. A diferència d'altres sistemes platja-duna arreu de l'illa, aquesta conjuga els elements biòtics, abiòtics i antròpics, sempre relacionats amb l'aigua, tot oferint una fisonomia única i diferenciada de la resta de Mallorca. Encapçalada per l'envergadura ecològica de la zona humida, la biodiversitat es complementa amb els ambients que es donen a la zona dunar i a la part submergida.

L'objecte del present estudi s'inicia en considerar s'Albufera de Mallorca com un espai costaner, sotmès a la influència marina d'una banda, i a la terrestre de l'altra. L'aproximació al seu estudi ecològic ens demana un coneixement profund dels ambients que en ell hi trobem, de les interaccions entre els mateixos elements biòtics, i les interferències d'aquests amb els agents externs. Aquesta pretensió ens obliga a inserir-nos dins el coneixement dels distints hàbitats i de les espècies que ens ells s'hi donen lloc.

En quant a la flora, els factors ambientals actuen de manera combinada afectant la seva caracterització i distribució. Les pluges primaverals i hivernals coincideixen amb el màxim de surgències d'aigua freàtica, i amb els òptims d'aports provinents de les fonts al voltant de s'Albufera i dels torrents que hi desemboquen. D'altra banda, a l'estiu, coincideix la manca de pluja i l'elevada temperatura amb una fortíssima evaporació i augment de la concentració salina. Ja a les zones més costaneres, a l'hivern s'exponencien els temporals de mar i per tant, els efectes que l'esprai salí i les ones juguen sobre la vegetació psammòfila dels *foredunes*.

L'acció humana també ha estat agent clau pel que fa a l'escenari florístic d'avui dia. La dessecació, l'obertura de canals, els terraplens, les repoblacions, les pastures, els conreus i el seu abandó, els incendis per la gestió del canyet, o l'ocupació massiva de la fletxa dunar són accions que han afectat de ple al devenir de la vida vegetal.



L'espectre faunístic també s'ha vist afectat pels agents anteriorment esmentats. La riquesa animal a la zona d'estudi és especialment remarcable, sent un dels emplaçaments a nivell interinsular on més espècies animals s'hi troben. La diversitat d'invertebrats, aus i aucells, amfibis, rèptils, mamífers o peixos, en fan de la zona un emplaçament notablement ric.

A una illa seca com la nostra, un paisatge de canals i llacunes té un atractiu cert i especial. S'Albufera de Mallorca és això i molt més. Les seves característiques intrínseques i la geografia que l'envolta han fet d'aquest espai un dels emplaçaments amb més biodiversitat del nostre territori. Xifres que ens ho demostren en són les 1.300 espècies animals citades al Parc (Pons, 2008) i al voltant de les 700 plantes superiors (Riddiford, 1998). A més de les espècies terrestres contemplades, hem d'afegir l'increment de riquesa ecològica que aporten els organismes residents a la zona submergida.

El resultat final es tradueix amb una important diversitat d'hàbitats, cada un d'ells amb característiques distintes, però si més no, interconnectats pel marc geogràfic comú. La mà de l'home ha estat condicionant de l'escenari ecològic actual, creant i destruint hàbitats, i per tant, condicionant la seva vida animal i vegetal.

Per una tasca com la que es presenta, enfocada a aportar un nou debat sobre la gestió d'espais litorals, és imprescindible endinsar-se dins el coneixement de la realitat biòtica i ecològica de la zona per tal de capacitar-se a l'hora de fer qualsevol valoració en tant la seva gestió i conservació.

Per raons d'organització, considerem òptim diferenciar els hàbitats en funció de la seva localització. D'aquesta manera, tot per atendre a una millor caracterització, es diferenciaran la zona humida, l'ambient dunar i la part submergida. Així, als apartats **2.4.**, **2.5.**, **2.6.** i **2.7.** es destinaran els màxims esforços per definir apuradament cada un d'aquests ambients des del seu punt de vista biòtic.

#### **2.3.4. Aspectes socioeconòmics**

En les darreres dècades l'ocupació de la costa per part de l'home ha estat massiva, ràpida i acultural, produint-se un procés de litoralització i turistització accelerat. Aquest ha modificat el paisatge i les seves característiques naturals i tradicionals, ja sigui de forma intencionada o no. En moltes ocasions s'ha afectat la dinàmica natural del litoral a diferents escales, provocant modificacions de diferent grau, i no circumscrivint-se únicament a l'espai intervingut.

Als anys 50 l'estat espanyol començà a fomentar el turisme per compensar el dèficit del comerç exterior. En 1951 es va fundar el Ministeri d'Informació i Turisme, al 1962 s'establí la Secretaria de Turisme, i un any més tard, sortí a la llum la Llei de Centres i Zones d'Interès Turístic Nacional. La conjuntura del dit anteriorment, junt amb el creixement de les economies en els països d'origen, les vacances remunerades, preus força assequibles arreu de l'estat, i el nou aeroport de Son Sant Joan al 1960, potenciaren el naixement del que avui es coneix com "turisme de masses" (Schürgers, 2007).

El consum del medi litoral s'ha enfocat com un producte amb diversitat d'ofertes d'oci, entenent la satisfacció de les expectatives del turista com un servei de qualitat, no prestant atenció a les seves característiques geoambientals, i concebant aquest espai com un simple suport per a l'activitat turística. Ha estat precisament aquesta capacitat de satisfer les necessitats empresarials, polítiques i humanes la que ha transformat els atributs de la naturalesa litoral en recurs, convertint aquests espais en subjectius, relatius i funcionals, generant l'aparició de termes tals com *balearització* (Picornell, 1986).

Balears té una costa que supera els 1.300 quilòmetres de longitud, fet que l'ha feta creditora d'una gran quantitat d'abusos, realitzats en nom del progrés i del turisme, que han col·locat a aquestes illes en una perillosa situació d'insostenibilitat, amb efectes negatius sobre la costa.

L'oferta turística de les Balears s'ha fonamentat bàsicament a satisfer una demanda d'espai físic, tant natural com humanitzat, sobretot pel que fa a la oferta de Sol i platja en època estival. És per aquest motiu que gran part de l'activitat econòmica turística de les Balears s'ha polaritzat entorn dels litorals arenosos, com ho demostren nuclis tals com s'Arenal, Port d'Alcúdia, Port de Pollença, o les zones de Can Picafort i les platges de Muro.

El procés de desenvolupament turístic i urbanístic que han experimentat les Illes Balears ha produït nivells de creixement econòmic i nivell de vida considerables, però també ha manifestat desequilibris socials, ambientals i econòmics que exigeixen la intervenció pública per tal de corregir-los i mitigar-los (Blàzquez *et al.*, 2002). Aquest fet no s'allunya en absolut del que ha ocorregut a altres indrets pròxims a les Balears, provocant que la costa mediterrània espanyola estigui avui en el punt de vista del debat socioeconòmic.

La sinèrgia que es reflexa entre els estudis sobre l'economia balear i la construcció territorial de les Balears (Rullan, 1999; 2002) coincideixen en assenyalar un canvi de gran transcendència en la història de l'arxipèlag, amb conseqüències socials, econòmiques i ecològiques de gran calat, a partir de la revolució turística iniciada a la segona meitat del segle XX (Murray *et al.*, 2005).

L'atractiu de la zona costanera ha jugat un paper clau en el devenir de la realitat actual. El treball de Mullins (1990) ja defensava que les ciutats litorals tenen unes característiques econòmiques, socials i demogràfiques distintives. No obstant, altres estudis postulen que els patrons locals i regionals també tenen pes en la caracterització d'aquests ambients. Segons González-Reverte (2008) el model de ciutat litoral al mediterrani espanyol està condicionat per les dinàmiques immobiliàries al llarg de la darrera dècada. Sens dubte, aquesta efervescència immobiliària, junt amb el desenvolupament del turisme residencial costaner, ha condicionat les característiques pautes d'urbanització modernes al llarg de les nostres costes.

La complexitat ambiental i ecològica dels espais litorals s'ha vist complementada per la "heterogeneïtat" socioeconòmica a la que avui els podem associar. Les seves característiques intrínseques, des del punt de vista geogràfic, han fet d'aquests ambients el nucli d'una vasta quantitat d'interessos particulars. Aquesta tendència ha estat encapçalada per la indústria turística de Sol i platja, que amb la seva evolució, ha derivat el model urbanístic característic del litoral mediterrani nord-occidental al qual ens referíem anteriorment. L'escenari actual deixa palès que aquesta complexitat ha anat més enllà encara. La dificultat inherent a la ordenació del territori litoral, i les diferents sensibilitats, prioritats i visions que les administracions locals i autonòmiques tenen en matèria de planificació urbanística, han conduït cap a una divergència de propostes en el litoral mediterrani espanyol (González-Reverte, 2008).

El processos de litoralització es caracteritzen per la massiva localització demogràfica i d'activitats econòmiques en els corredors naturals costaners, donant lloc a la formació de passadissos i pols econòmics emergents sobre la franja litoral. La diversificació d'activitats associades a aquests espais, l'augment de competències sobre el sòl costaner, i la seva qualitat d'espai fràgil i vulnerable des del punt de vista ambiental, ha fet emergir quantitat de problemàtiques territorials.

Localitzada dins el quadrant nord-occidental del Mediterrani, l'illa de Mallorca ha estat un dels indrets on aquesta realitat més s'hi ha desenvolupat. Diversos en són els articles que ens parlen de les disjuntives entre els interessos econòmics i les realitats ambientals de les nostres costes (Andreu, et al., 2003; González, 2003; Murray, 2005; Murray *et al.*, 2005). El procés de turistització ha construït varies imatges de Mallorca amb l'objectiu d'adaptar-les a diferents tipus de demanda i modalitats turístiques, i per tant, a complaure alguns dels interessos socioeconòmics. Les successives fases turístiques (Rullan, 1999) han convertit els 3.620 km<sup>2</sup> de Mallorca en diferents espais susceptibles d'aprofitament turístic. Les pretensions del tipus de turisme dominant a Mallorca ha suposat que la zona litoral hagi estat la més afectada, assolint un notable nivell d'ocupació. La culturalització i antropització provocada per l'activitat turística, no tan sols ha provocat la destrucció i deteriorament d'una important part del territori,

sinó també ha transformat el paisatge natural i cultural de la ribera mallorquina (González, 2003).

Algunes publicacions han tret a la llum arguments que permeten verificar com el desenvolupament urbano-turístic a Mallorca, encapçalat per l'avarícia de la indústria turística, ha estat el màxim responsable del canvi en la fisonomia de gran part de les costes mallorquines. Les conclusions que postulen Blàzquez *et al.* (2002) reflecteixen de manera prou clara les divergències entre el creixement econòmic generat per l'activitat del turisme, i els perjudicis ecològics paral·lels. A la vegada que el PIB augmentava en un 70,5% - entre 1989 i 1999 -, el 5% del territori es dedicava a usos urbans, la dotació d'aigua per a consum urbà per hab./dia augmentava en un 9,6%, el consum d'electricitat creixia un 72%, i l'increment interanual mitjà en la producció de residus es situava en un 5,6%.

El pes de l'activitat turística i de la seva influència en la geografia mallorquina queda palès en les xifres reflectides per alguns informes de caire oficial. *L'Informe econòmic i social de les Illes Balears* (Riera i Ripoll, 2008) situa l'arxipèlag, just després de Catalunya, com la segona Comunitat Autònoma pel que fa a l'arribada de turistes al llarg de 2008, amb un total de 10.063.000 visitants. Un bon indicador per determinar la localització geogràfica dels visitants al llarg de la seva estada a l'illa n'és la seva distribució en funció del tipus d'allotjament. Seguint les xifres oficials, al 2008, el 72,9% dels visitants s'acomodaren en establiments hotelers, un 13,1% en casa d'amics o familiars, el 6,3% ho feren en habitatges de propietat, el 6,2% optà per cases de lloguer, i l'1,5% restant ho feren en altres indrets. Si es té en compte que la localització preferent d'aquestes modalitats d'allotjament s'assenta a la costa – segons les dades de la Federació Hotelera de Mallorca, de les 26 associacions hotelers a l'illa, 23 d'elles es troben en municipis costaners –, o si més no, a una distància prudent, tot indica que la massa de visitants a les Balears s'allotja, sobretot en temporada turística alta, al llarg del litoral o a indrets propers a ell.

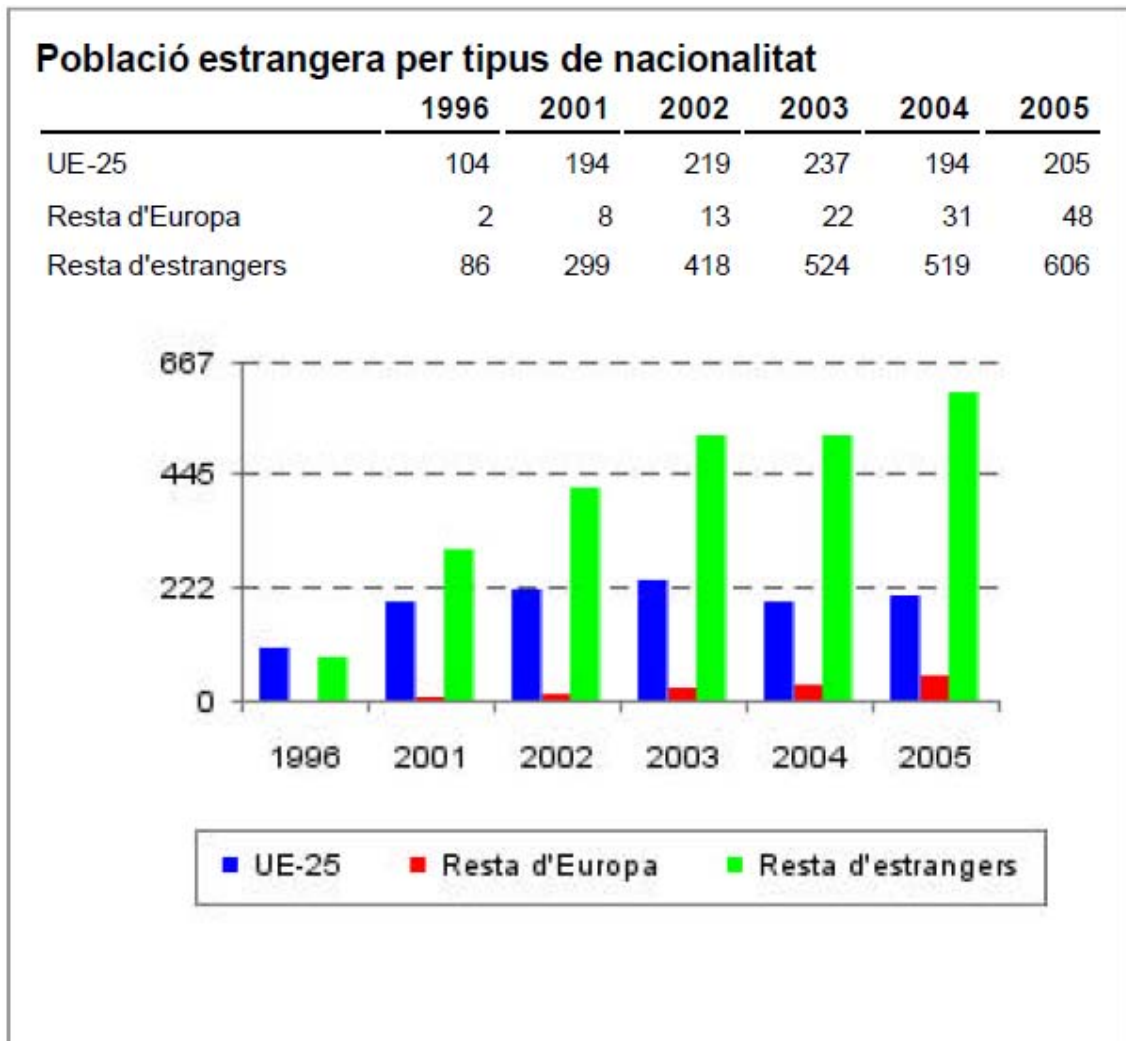
#### *2.3.4.1. Es Comú de Muro i ses Casetes des Capellans (terme municipal de Muro)*

Gran part de la zona en la qual es centra la present tasca pertany al municipi de Muro. Localitzat al quadrant nord-est de l'illa, aquest s'estén al llarg d'uns 59 km<sup>2</sup>, amb una altura màxima de 83 metres. La seva localització geogràfica li permet ser un municipi heterogeni pel que fa als paisatges que el conformen, podent-hi observar des de terres agrícoles a la franja dunar d'es Comú de Muro. A més compta amb bona part del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca, sent aquest el territori més emblemàtic del municipi.

Segons les darreres dades municipals publicades per l'Institut Balear d'Estadística, la població local es situava en 6.210 habitants (IBAE, 2005). La tendència demogràfica al llarg de la darrera dècada, no discernint de la dinàmica comuna arreu de l'illa, dibuixa una línia ascendent, amb un increment anual de la població resident. Les característiques socioeconòmiques del municipi, bipolars entre el sector primari i el de serveis, han fet que al llarg de les darreres dècades el saldo migratori sigui positiu. Les dades referents a la població estrangera per tipus de nacionalitat corroboren l'anterior afirmació. Al 2005, el col·lectiu principal d'immigrants residents era el que provenia de fora d'Europa, caracteritzat bàsicament per població magrebina arribada al municipi per dedicar-se al camp. A continuació, amb un total de 205 nous habitatnts empadronats, es situa el col·lectiu provinent de la UE-25, encaminats al sector serveis, bé per gaudir de l'oferta turística que pot oferir el municipi, o bé per ocupar-se dins el propi sector (Figura 23).

La situació del mercat de treball és un bon indicador per projectar el pes que la indústria turística, englobada dins el sector serveis, té en el municipi. Segons l'IBAE, al 2004 aquest sector era el que més afiliats a la seguretat social contemplava, sobretot en el segon i tercer trimestre, amb un total de 3.166 i 2.950 afiliats respectivament, remarcant l'estacionalitat econòmica que incideix també en el municipi. Les platges de Muro, nucli turístic de primer ordre, en època estival ofereix una obertura important

en quant a l'oferta laboral, bàsicament relacionada amb la oferta turística, dibuixant l'escenari ideal per enregistrar les màximes anuals en quant a ocupació.

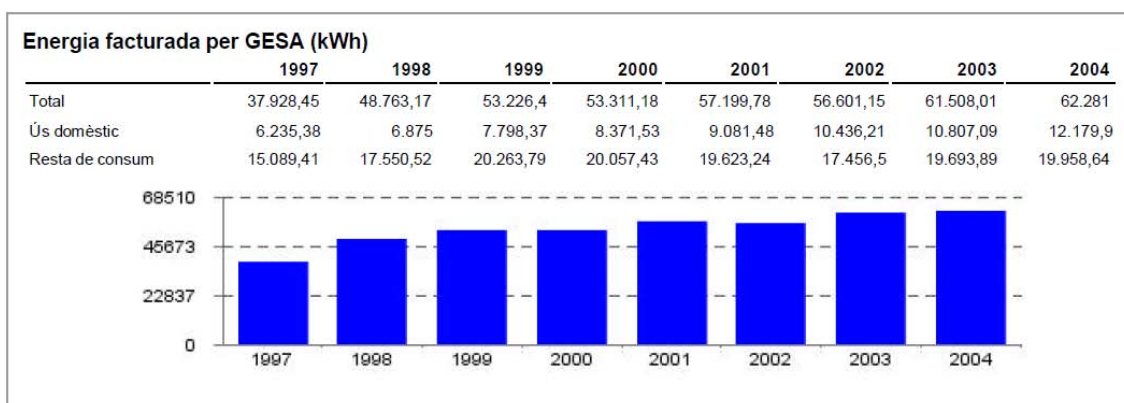


**Figura 23:** Evolució de la població estrangera arribada al municipi de Muro en el període 1996-2005  
**Font:** IBAE, 2005.

L'oferta turística no és gens menyspreable. Segons dades de l'Associació Hotelera de les Platges de Muro, al 2010 es compta amb un total de 16.179 places turístiques, repartides al llarg de 35 establiments turístics – hotels, apartaments i apartahotels –. La qualitat de la planta turística és considerable, amb devuit establiments de 4 estrelles, quinze de 3 estrelles i dos de 5 estrelles. La tendència seguida al llarg de les dècades ha estat unificar les modalitats d'allotjament, inclús creant figures mixtes – com n'és el cas dels apartahotels –. No obstant, la planta hotelera tradicional segueix essent la més considerable. En termes relatius, les places hoteleres ofertes en el

municipi de Muro a l'any 2005 representaven el 3,8% del total de places ofertes a les Illes Balears, i el 5,6% de les ofertes a l'illa de Mallorca (IBAE, 2005).

El ressò i el creixement de la planta turística instal·lada a les platges de Muro també n'ha derivat un creixement de les infraestructures i dels serveis prestats. El mosaic es completa així amb un total de 7 balnearis al llarg de la platja, 2 centres comercials, carrils adaptats al trànsit de bicicletes, un centre mèdic i un hospital, dues oficines de l'associació hotelera, un centre de la policia local de Muro, nombrosos establiments de restauració complementaris, i altres serveis tals com una escola de vela, una escola de busseig, benzineres, oficines de correus, pàrquings públics, farmàcies, etc.



**Figura 24:** El creixement demogràfic experimentat a Muro al llarg dels darrers anys ha tingut un efecte directe sobre l'augment que el consum elèctric ha viscut en el mateix període de temps. **Font:** IBAE, 2005.

La petjada demogràfica en el municipi queda reflectida any rere any amb l'increment de variables tals com el consum energètic. Aquest, incrementat exponencialment en temporada alta, no ha deixat d'augmentar al llarg dels darrers decennis (Figura 24). Altres indicadors en són el consum d'aigua per ús domèstic o la generació de residus sòlids urbans. Les tendències anuals d'aquestes variables dibuixen les seves puntes als mesos estivals, manifestant un major dinamisme socioeconòmic.

#### 2.3.4.1.1. Sistema d'es Comú de Muro

El topònim que dóna nom al sistema dunar que ens ocupa incita a imaginar la realitat social i econòmica que impera en aquestes contrades al llarg de molts anys. El que avui



es coneix com un sistema dunar “verge” i protegit sota la figura de parc natural, esdevingué durant alguns segles com a punt estratègic d’activitat social, i sobretot, econòmica. D’aquí la seva denominació actual, responent en qualsevol cas a l’estat comunal al que, en un període llarg de temps, aquestes terres es veren sotmeses. El repàs històric de la ja esmentada franja s’ha fet complex responent a la manca d’informació que hi ha al respecte. Atenent aquesta situació Barceló (1997) fa una exposició sobre els béns comunals i els conflictes amb els grans terratinents.

Les terres comunals constituïen una font essencial de recursos naturals per a les economies pageses, atès que subministraven llenya, fusta, pastures, caça, i en el cas que ens ocupa també, pesca, tot esdevenint font de queviures per a les famílies residents a les viles adjacents. L’economia agrària, tot i sustentar-se de l’explotació de terres mitjançant unitats familiars, també s’articulava a través de les extraccions en espais comunals, determinant alhora un alt grau de cohesió social. Els casos de Muro i Santa Margalida no foren excepcions, ja que les terres comunals – conegudes com les comunes del Braç – es trobaven fortament arrelades a l’economia agrària d’ambdues viles.

Si bé és cert que els espais comunals suposaven un forta cohesió social entre la classe agrària i treballadora, aquests es postulaven també com a sinònim d’enfrontaments entre els anteriors i els grans terratinents. La cronologia històrica del que avui es coneix com es Comú de Muro, ens mostra que els pagesos de la zona no dubtaren en oposar-se als diversos intents d’apropiació de les terres per part dels poderosos. Les disputes entorn a les comunes del Braç es remunten a pocs anys després del seu establiment, el 1272, i es perllonguen fins ben entrat el segle XX. No obstant, és a partir del segle XVI quan aquestes divergències augmenten la dimensió, prenent forma d’enfrontaments i conflictes entre senyors i pagesos, tot per obtenir la possessió de les terres. Aquestes disputes s’insereixen dins el període de consolidació de les grans concentracions de la terra en mans nobiliàries.

D’aquests fets, i d’altres com l’aclariment dels límits de les terres comunals, en sorgiran importants conflictes entre les parts. Endemés, durant els segles XIV i XV

aquestes terres canviaren constantment de propietaris, cada un d'ells pretenent obviar els drets heretats sobre les seves terres per part dels pagesos, potenciant les tensions socials entre ambdues parts.

Des del seu establiment fins als anys trenta del segle passat, les que foren comunes de Santa Margalida i Muro anaren sofrint diverses variacions, tant pel que fa a les dimensions que inicialment tenien, com a les servituds de què foren objecte, i fins i tot, respecte als usuaris que hi tenien dret. Aquesta zona comunal estava limitada i condicionada per la seva situació d'aïllament entre s'Albufera de Mallorca i la mar. Situada al nord-est de l'illa, s'estenia al llarg del que avui és la platja de Muro, a més d'un tros de pinar que s'endinsava dins la possessió de Son Sant Martí – avui concegut com es Comú de Baix o comuna de Son Sant Martí –. Segons el document de l'establiment – 1272 –, les comunes feien partió al nord-est amb la mar, al sud-oest amb s'Albufera, al sud amb els rafals pertanyents aleshores al comte d'Empúries, i a l'est amb l'alqueria de Santa Eulàlia. Ens trobem davant una porció de terra amb una diversitat paisatgística considerable que anava des de la primera línia dunar (*foredunes*) fins a l'interior del camp de dunes, amb una important massa forestal, majoritàriament de pinar i espècies arbustives com el ginebró. A més, dins el rafal que englobava les comunes s'hi trobaven uns estanys – anomenats també salines – que antigament comunicaven amb s'Albufera.

L'establiment dels espais comunals s'ha d'entendre com una pràctica habitual dins la lògica de l'expansió del sistema feudal, i a Mallorca particularment, dins el context de repoblament de l'illa, com una concessió feta als habitants que participaven en aquest procés després de la conquesta feudal catalana. Seguint aquesta línia, els senyors afavorien la cessió d'espais d'aprofitament comunals en els primers moments d'organització i repartiment de Mallorca. Amb aquest escenari, i en el cas de les comunes de Muro i Santa Margalida, el comte d'Empúries, en una acta de 1272, cedia el dret d'aprofitament de la llenya del mateix bosc a tots els habitants de la parròquia de Santa Margalida i San Joan de Muro. El document de l'establiment és prou clar a l'hora d'assenyalar les servituds comunals a les quals estava subjecte l'expressat bosc.

S'esmenta clarament que els habitants dels dos pobles tan sols podien aprofitar la llenya, i en cap cas les pastures o els estanys.

Una vegada establert el dret, els pagesos d'ambdues viles s'acostumaren a utilitzar la llenya dels pinars com un complement necessari per la seva economia. A partir d'aquest moment, les tales i l'aprofitament de la fusta fou constant, bé derivant-se al consum propi, al negoci com a matèria primera, o a la crema per pastures.

Tot i això, la realitat mostra com en poc temps aquestes terres van ser assimilades com a comunals en el sentit més ample de la paraula, des de l'aprofitament acordat de la llenya, fins a la utilització "il·lícita" de les comunes per pasturar el bestiar o pescar en els estanys. No hem d'oblidar que les comunes estaven envoltades d'una zona d'extremada riquesa ecològica, com és s'Albufera. No tan sols pel que fa a la diversitat faunística i florística, sinó també en quant al boscatge i a les opcions de pasturatge que oferia. Així, la mateixa Albufera, tot i no està inserida dins el domini comunal, era continu objecte de desig per part dels pagesos que rondaven la zona, motiu pel qual aprofitaven l'aiguamoll per aprovisionar-se d'aucells i peix de forma il·legal. Les estratègies emprades eren varies, anant des de mètodes enginyosos com el d'obrir síquies perquè sortís l'aigua, i amb ella el peix, fins entrar dins el llac els vespres a pescar, o simplement entrar-hi ignorant la possessió dels senyors.

No obstant, el teòricament clar dret dels pagesos en quant a la utilització de la fusta també derivà en problemes al llarg del temps, manifestant-se a través de denúncies contínues dels senyors en contra de les viles. Tot justificant aquests plecs com eina per aturar actes incontrolats – incendis provocats i incontrolats per tal d'aconseguir pastures fresques –, tot indica que la intenció dels senyors passava per intentar erosionar els drets comunals que atorgaven les seves terres.

Les disputes entre parts van perllongar-se fins al segle XX. No obstant, les particularitats en el segle XIX han estat recollides per Barceló (2004). Si fins el moment els enfrontaments per les terres comunals havien esdevingut entre els pagesos d'ambdues viles per una banda, i els senyors de les terres per l'altra, al llarg del segle

XIX i XX les tensions en tradueixen amb enfrontaments directes entre els veïns de Muro i Santa Margalida respectivament.

No obstant, al segle XVII es produeix un canvi substancial respecte la conflictivitat subordinada a les comunes, degut a que el poble de Santa Margalida quedà al marge dels conflictes legals entorn l'usdefruit d'es Comú. Així, les disputes seguiren entre el poble de Muro i les pretensions dels senyors, els quals volien seguir vetant els drets comunals de les contrades. Serà durant el segle XIX quan en el poble de Santa Margalida es prendrà consciència de la desposseïció del seu dret a acudir a les comunes del Braç. Contextualitzant-se dins el llarg procés de reformes agràries liberals dutes a terme en territoris europeus i estatals, l'Ajuntament de Santa Margalida catalogà com a béns propis un espai comunal local, sota el topònim de les Comunes. Conseqüència d'aquest fet, l'Ajuntament autoritzà als veïns per utilitzar els recursos que oferia la comuna del Braç i Son Sant Martí, fet que provocà un mal estar en el poble de Muro. A partir d'aquí s'estructurà una tensió social important entre les dues viles, ja no tan sols per l'ús dels recursos, sinó també per la divisió de les terres comunals entre municipis, fet que mai es va arribar a dur a terme.

Al 1846, i seguint les mesures que els governs liberals prenen per tal d'avaluar la riquesa de les regions, s'ordenà l'inici del procés a Mallorca. Després de diversos problemes, el sistema començà a funcionar de cap a 1950, tot i que els casos de Muro i Santa Margalida en foren excepció, perllongant-se en el temps, degut a les disputes que les dues viles tenien entorn a la divisòria dels termes. El 1970, des de l'administració central s'ordenà, a través de decret, que tots els municipis procedissin a l'assenyalament dels seus límits, donant dos mesos com a data màxima per a l'execució d'aquest deure. No obstant, en el cas que ens ocupa la demora es repetí. De fet, cap a finals dels anys setanta la problemàtica entre les viles es bifurcava amb dues, distintes però a la vegades paral·leles. El primer punt calent era el que es referia a l'usdefruit de les terres comunals, mentre que d'altra banda, les tensions seguien en quant a la divisió dels dos termes.

El procés de la fitació s'anà dilatant en el temps i es perllongà fins a principis dels anys noranta del segle XX. Tot i que hi hagué algun envit d'aclariment per part dels respectius batles, en cada una de les ocasions sorgiren problemes que dificultaven la resolució definitiva. Amb aquest escenari, l'Ajuntament de Santa Margalida decidí, al 1980, obrir un procés judicial per tal d'activar la recuperació dels seus drets sobre les terres comunals i la partió amb el poble veí. No obstant, el resultat de la sentència judicial fou favorable al municipi de Muro, donant únicament per vàlid el document de transacció de 1641, el qual atorgava el dret de l'usdefruit únicament als veïns de Muro. En definitiva, la sentència no feu més que ratificar el que a la pràctica ja feia molt temps que es portava a terme, que no era altra cosa que el bandejament definitiu dels pagesos margalidans en l'ús des Braç.

Si bé la sentència de 1988 havia donat per finalitzada la problemàtica del dret a la utilització de les terres comunals, encara quedava per resoldre els límits i la partió entre els dos termes. No fou fins 1983 que les dues parts arribaren a una entesa sobre el que havia de ser la separació definitiva entre Muro i Santa Margalida, a proposta del batle murer.

El devenir del temps suposà que, el que avui es coneix com es Comú de Muro, seguis sent un espai comunal, sota la supervisió de l'Ajuntament. Al llarg del segle XX, a més de l'aprofitament de llenya i altres recursos, amb l'arribada de la indústria turística a la zona, s'autoritzaren altres usos, o si més no, alguns d'ells es permetien. El pinar de es Comú fou durant molts anys un espai de lleure, materialitzat amb l'establiment d'una zona de picnic i càmping. Fins a l'any 1989 es permetia l'acampada, sota els permisos que atorgava l'Ajuntament de Muro. Aquest mateix anys, i un any després de la declaració del Parc Natural de s'Albufera, aquest mateix començà a limitar aquest ús a través de pilonaments rígids, a fi de no permetre el trànsit rodat, ja que les concentracions de vehicles estacionats arribava fins a les 300 unitats. Les instal·lacions a la zona de picnic (banys, taules, font, etc.) foren instal·lades per SECONA a la meitat dels anys 80. Amb tot, i degut a les polítiques impulsades pel Parc, es va abolir l'activitat de càmping al 1990, mentre que la picnic fou tres anys més tard, al 1993. Aquesta prohibició s'executà amb la retirada dels fogons i les taules. El darrer símbol

que encara quedava vigent d'aquesta etapa, els banys, foren retirats recentment, a l'estiu de 2010.

Així, era un espai on es produïen concentracions socials importants, sobretot els caps de setmana, dies festius, i al llarg del període estival, tot per ser una zona natural, amb ombres i molt prop de la mar. Les pràctiques de lleure afectaren sens dubte les característiques ecològiques de l'espai, sobretot pel que fa la massa arbustiva del sotabosc i a la destrucció del primer cordó dunar. Al 1988, amb el Decret 4/1988, amb el qual es declarava Parc Natural de s'Albufera, inseria dins els seus límits la franja dunar de es Comú, iniciant una nova època per aquest espai, i concretament pel sistema de es Comú.

#### *2.3.4.1.2. Ses Casetes des Capellans*

La platja de sa Caseta de Capellans es correspon amb una petita franja litoral que es situa entre la zona urbana de Can Picafort i el camp dunar de es Comú. De les zones estudiades, aquesta és la que manco extensió té. Tot i no haver comptat amb la mateixa incidència antròpica que la platja urbana de Can Picafort, la pressió urbanística també s'hi ha anat desenvolupant al llarg dels anys. Es Capellans fa de frontera natural entre els dos pobles – Santa Margalida i Muro –, just fent límit amb el Parc Natural de s'Albufera.

El dinamisme socioeconòmic que s'ha donat en aquest emplaçament no ha assolit la mateixa envergadura que la platja urbana. No obstant, un dels impactes més importants es produí amb la construcció de ses Casetes des Capellans, tot just sobre el camp dunar (Figura 25). El seu nom fa referència al fet que, en els seus orígens, fou un centre de petites i humils residències d'estiueig, algunes d'elles utilitzades pels capellans de la parròquia de Muro. La idea inicial era construir petites vivendes d'estiu, desmuntables a l'hivern. No obstant, els interessos particulars han empès a que el resultat final sigui el que es veu avui dia, amb cases fixes sobre el substrat arenós, les quals han suposat la fragmentació i eliminació de bona part del sistema dunar. Els efectes directes deguts a la construcció d'aquestes infraestructures rígides, s'han vist

complementats per efectes de caire indirecte, sobretot a causa dels accessos creats a la zona, tals com l'obertura i intensificació de *blow-outs* – generant una sortida directe d'arena cap a fora del sistema –, pèrdua i degeneració de la vegetació, conseqüències negatives pel *foredunes*, i en definitiva, canvis en el balanç sedimentari del sistema.



**Figura 25:** Ses Casetes des Capellans esdevenen avui un punt de gran pressió pel sistema, no tan sols per l'artificialització causada per les cases, sinó per l'efecte crida que suposa l'aparcament, sobretot a l'estiu (Estiu 2010).

Tot i les repercussions ambientals, la platja de ses Casetes dels Capellans continua sent objecte d'explotació turística per part de l'Ajuntament de Muro. D'entre les concessions municipals concedides per la instal·lació de serveis de temporada a les platges de Muro, un dels lots atorgats es correspon amb la platja esmentada. Concretament, i segons el *Plec de Clàusules administratives particulars que han de regir el procediment per a l'adjudicació de l'explotació dels lots de la platja de Muro per a l'any 2010*, aprovat per la Junta de Govern Local en data de 15 de febrer de 2010, i publicat al BOIB el dia 27 de febrer del mateix any, una de les concessions es situa sobre la platja de ses Casetes des Capellans. En termes absoluts, aquest acord permet l'establiment d'un total de 328 hamaques dividides en quatre franges, 164 para-sols, una farmaciola i torre de vigilància per socorristes, i cinc salvavides, a més de 2 hamaques i 1 para-sols, i una passarel·la de fusta per accés a persones amb discapacitat, tot al llarg d'una longitud aproximada als 170 metres de platja.

La neteja de les platges de Muro s'executa en funció del que s'estableix al *Plec de clàusules administratives particulars que han de regir per procedir a la contractació dels serveis de neteja de les vies públiques, així com la neteja i retirada d'algues de la*

*platja de Muro, mitjançant concurs amb procediment obert i tramitació urgent. Segons aquest document, les platges de Muro es divideixen en tres sectors distints:*

- 1er: des de la divisió amb el terme d'Alcúdia fins al Pont dels Anglesos.
- 2on: del Pont dels Anglesos dins a Es Comú (Albufera Platja).
- 3er: zona urbana d'uns 500 metres a la Caseta des Capellans.

Segons el darrer plec aprovat, el primer i segon sector han de, a) rebre una neteja amb profunditat cada quinze dies, b) porgar l'arena tres dies a la setmana, c) desinfecció de l'arena cada quinze dies, i d) neteja diària de les papereres. En quant al tercer sector, les pautes d'actuació són semblants als anteriors a excepció del punt b), ja que en aquest cas l'arena serà porgada dues vegades a la setmana envers a les tres dutes a terme en els casos anteriors.

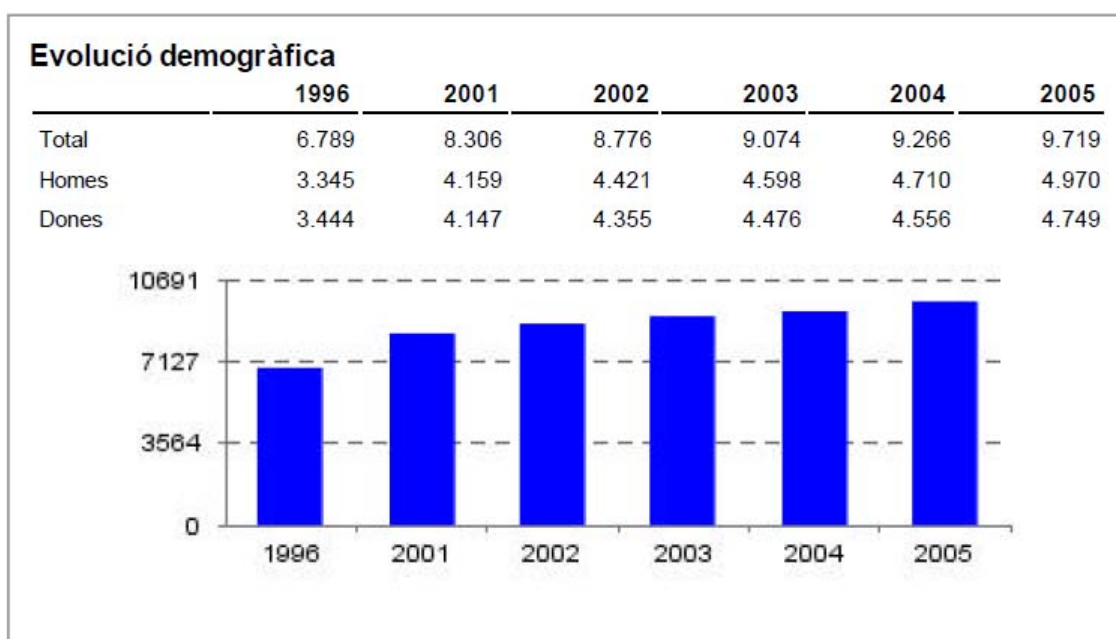
#### *2.3.4.2. Can Picafort (terme municipal de Santa Margalida)*

La platja de Can Picafort, i el nucli urbà en sí, pertany al municipi de Santa Margalida, que limítrof amb el terme de Muro per la seva vessant sud, es localitza també al llarg de la badia d'Alcúdia. Les seves dimensions i característiques geogràfiques permeten al terme comptar també amb una diversitat paisatgística important, bona part d'ella representativa d'ambients litorals. A part de nuclis turístics costaners, compta amb extensions de platges verges importants, com és el cas de la finca, ara pública, de Son Real.

Santa Margalida, amb una extensió de 97 km<sup>2</sup>, la població censada al 2005 era de 9.719 habitants. A l'igual que succeïa en el cas anterior, l'augment de la població censada al llarg del darrer decenni ha estat positiva (Figura 26), incentivada en bona part per l'arribada de nouvinguts. Com ocorre amb la població absoluta, el nombre total de nous arribats al municipi augmenta any rere any, despuntant significativament en alguns períodes – un bon exemple en va ser l'any 2003, amb un total de 1.034 nouvinguts –, generant saldos migratoris amb signe positiu. Les pautes en quant a l'origen són les mateixes que les que explicàvem al cas de Muro (Figura 23). La



bipolaritat entre l'activitat agrícola a l'interior i l'oferta de serveis a la zona costanera, ha definit en gran mesura la procedència de la immigració. El gruix de les noves arribades ve determinat per gent procedent de l'estranger, fora dels límits de les UE-25, majoritàriament procedent de la regió magrebina, empleada principalment en tasques del camp – al 2005 aquest col·lectiu estava format per un total de 1.034 habitants –. Seguint aquest grup hi trobem les arribades amb procedència a la UE-25, normalment destinades a segones residències o bé a tasques relacionades amb l'activitat turística i de serveis – 900 habitants amb procedència europea al 2005 –.



**Figura 26:** Evolució de la població estrangera arribada al municipi de Muro en el període 1996-2005.  
**Font:** IBAE, 2005.

La situació del mercat de treball al municipi està encapçalada pel pes que hi representa el sector serveis, estructurat majoritàriament a partir de l'activitat turística. Al 2004, aquest era el que més importància tenia si es compara amb els altres sectors econòmics, fet que queda patent amb la consulta de les altes a la seguretat social i amb les variacions estacionals enregistrades, amb màxims d'afiliats al segon i tercer període, arribant a totals de 5.132 i 4.904 respectivament (IBAE, 2005).

Aprofitant un sector agrícola en decadència i tot un seguit de condicionants socioeconòmics extrínsecs, durant la dècada dels seixanta s'inicia l'expansió de les

activitats turístiques al municipi de Santa Margalida. A Can Picafort, aleshores un petit nucli urbà de 160 habitants en 1960, al 1963 ja s’hi havien construït 1.400 places hoteleres, que deu anys més tard s’havien situat en 8.750. Aquesta situació va fomentar un ràpid creixement urbanístic, anàrquic, i sense cap tipus de control o planejament (Taula 4). El creixement de les places hoteleres seguí una tendència semblant, tot i que estancant-se amb la crisi del petroli, per després seguir d’una manera més moderada (Taula 5) (Mas, 1992).

	1960	1972
<b>Nº habitatges</b>	600	1.500
<b>Nº establiments hotelers</b>	1	39
<b>Nº bars</b>	9	96
<b>Nº comerços</b>	30	125

**Taula 4:** L’augment d’habitatges i establiments comercials queda palès amb les dades que ens ofereix Mas (1992).

<b>Any</b>	1963	1972	1981	1992
<b>Nº places hoteleres</b>	1.400	8.750	9.274	9.448

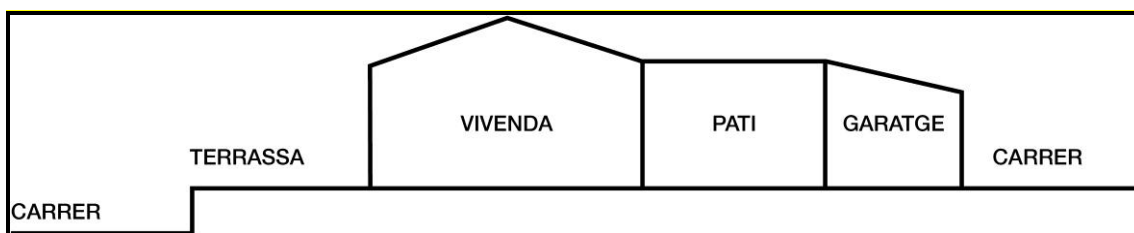
**Taula 5:** Can Picafort ha experimentat un considerable augment de places hoteleres des de meitats del segle passat a aquest, establint-se en l’actualitat com un nucli turístic de primer ordre a Mallorca (Mas, 1992).

Tal i com argumenta (Schürgers, 2007) l’evolució urbanística a Can Picafort es podria dividir en les següents etapes (Figura 28):

- Edificacions de principis de segle XX, caracteritzades per cases d’estructura simple, amb una sola altura i amb una morfologia tradicional. D’aquestes encara se’n poden veure, tot i que amb el temps s’han anat modificant. Les cases situades a la primera línia tenien accés directe a la platja – avui al vial o al passeig marítim – (Figura 27). La parcel·lació sempre es disposa de manera paral·lela a la primera línia de costa.
- La segona fase de construcció, semblant a la primera, es va anar construint des del primer quart del segle XX fins l’arriba dels anys seixanta, anterior doncs a l’explosió del primer boom turístic. Tot i que els habitatges segueixen sent unifamiliars, ara es disposen amb parcel·les perpendiculars a

la línia de costa, moltes vegades tenint entrades des de dos carrers diferents.

- La zona central hotelera (Figura 28), que avui configura també el nucli comercial de Can Picafort, s'identifica com la tercera zona de creixement. Al llarg de la dècada dels seixanta, amb l'efervescència del *1er boom* turístic, es va construir bona part de la infraestructura hotelera, present encara avui dia.
- La part de construcció més moderna, localitzada al nord i oest del nucli urbà, va ser iniciada a principis de la dècada dels noranta, caracteritzant-se per l'abundant nombre de vivendes, amb l'existència també d'alguns aparta-hotels. La fisonomia d'aquest sector projecta més modernitat, amb un traçat urbanístic més ample, i amb la incorporació de més espais públics i zones verdes.
- La urbanització de Son Bauló, situada al sud, es va començar a construir successivament des de 1965. Es caracteritza per l'existència d'hotels, construïts al llarg del *1er boom*. Pel que fa al caràcter privat, destaquen les construccions unifamiliars de fins a dues plantes, tot i que també s'observen habitatges plurifamiliars de construcció més moderna.



**Figura 27:** Esquema de les edificacions típiques al nucli urbà de Can Picafort a principis del segle XX (Schürgers, 2007).

Les darreres dades oficials (Schürgers, 2007) parlen de 12.865 places turístiques – suposant quasi el 99% de les 12.975 places que hi ha al llarg de tot el terme de Santa Margalida –, repartides en 635 places en apartaments, 4.674 en hotels-apartaments, 7.133 en hotels i 415 en hostals.

Avui hi ha eines de caràcter local que, en certa mesura, ordenen l'activitat i els impactes antròpics sobre la platja de Can Picafort. Un clar exemple n'és el *Plec de prescripcions tècniques particulars que han de regir la contractació, mitjançant concurs amb procediment obert, de la concessió administrativa de la gestió del servei públic de neteja de platges del municipi de Santa Margalida*. En una primera aproximació, el documents esmentat es diferencia de projectat per l'Ajuntament de Muro en un tret característic, basat en una exclusivitat absoluta sobre la neteja de platges, diferenciant-se de la neteja en vies públiques. Així, els continguts d'aquest document administratiu, aprovat pel govern local, s'estructura amb uns objectius més específics i extensos, deixant veure en els seus continguts bases tècniques a considerar.



**Figura 28:** Evolució urbanística i tipologies d'allotjament al nucli urbà de Can Picafort (Santa Margalida) en el període 1950-2006 (Schürgers, 2007).

Precisament, els continguts i la veu tècnica d'aquest document és una de les majors diferències que es troben entre el municipi margalidà i el terme veí. Segons la seva redacció, l'objecte d'aquest és establir les condicions tècniques òptimes per a la neteja de les platges del municipi, sempre, i com també es redacta en el document, sota la

forma que estableix el *Protocol de bones pràctiques sobre els paràmetres tècnics que convé seguir per a minimitzar els impactes ambientals sobre les platges sorrenques a l'hora de realitzar la neteja mecànica i retirada de posidònia oceànica*.

Partint d'aquestes bones intencions, i considerant que la temporada alta turística va des de l'1 d'abril fins al 31 d'octubre, la retirada de posidònia i la neteja de la platja de Can Picafort es durà a terme; a) un pic cada dia en temporada alta i, b) una vegada al mes en mesos de temporada baixa.

#### *2.3.4.3. Impactes antròpics sobre la zona d'estudi i problemàtica actual*

Un fet palès, i a la vegada derivat del desenvolupament socioeconòmic que amb els anys s'ha estructurat arreu de la zona d'estudi i els seus voltants, en són els distints impactes que sobre el medi i les condicions ecològiques s'han engendrat i desenvolupat. Si a l'atractiu dels espais litorals l'hi afegim la seva vulnerabilitat intrínseca, no és gens difícil determinar el perquè de l'estat actual de les nostres costes. El resultat del processos socioeconòmics litorals s'han traduït amb un alt cost pel que fa les característiques ambientals, suposant la pèrdua d'una bona quantitat de capital natural a través de la fragmentació, urbanització, erosió, contaminació i degradació dels ecosistemes existents (Tovilla *et al.*, 2009).

Sens dubte, el desenvolupament urbanístic ha estat el principal agent en quant als impactes que es poden determinar a la zona que ens ocupa, i responsable dels desequilibris dinàmics que soporta el sistema platja-duna (Goy *et al.*, 1997). El nucli urbà de Can Picafort, i la seva platja en particular, n'és el millor exemple per projectar en aquest treball. Del que era una petita colònia d'estiueig abans de 1960, avui ha passat a ser un nucli turístic de primer ordre. Aquesta transformació no ha estat gratuïta pel medi físic de la zona, ja que el creixement urbanístic fou ràpid, anàrquic, i pràcticament sense cap tipus de control ni planejament, no projectant la construcció d'infraestructures bàsiques, però si permetent la construcció d'hotels a primera línia de costa (Mas, 1992), just a sobre del primer cordó dunar.

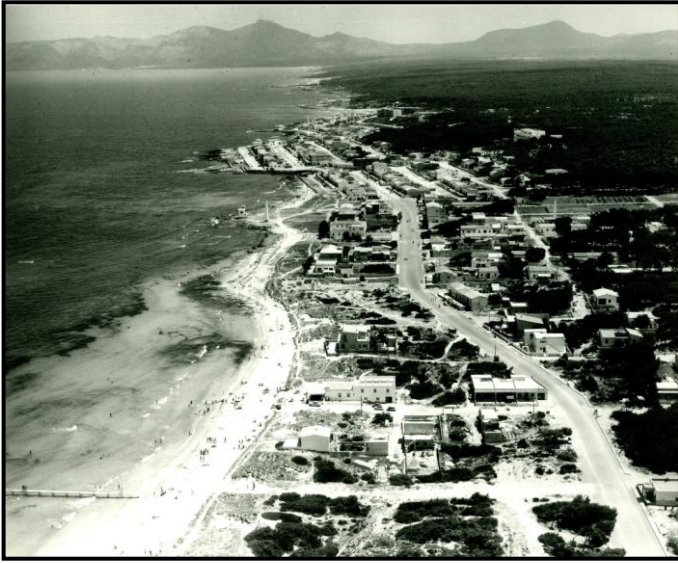
El resultat de tal desenvolupament no ha estat altre que la total destrucció dunar, palesa si es comparen els fotogrames aeris de l'any 1956 amb el de 2008 (Figura 29). Els desenvolupament urbanístic del nucli de Can Picafort no tan sols s'ha donat de manera paral·lela a la línia costanera, sinó també perpendicularment projectant-se terra endins. De l'anàlisi visual dels documents anteriorment esmentats, se'n pot apreciar la desaparició de bona part del sistema dunar originari a la zona, substituït per la planta urbanística instaurada.

Les conseqüències ambientals d'aquest procés urbanitzador, massificat i sense ordre, no tan sols s'han expressat en quant la destrucció de la infraestructura dunar. Les característiques ecològiques litorals també s'han vist greument perjudicades, tant des del punt de vista florístic com faunístic. De fet, tot i que a vegades sembla difícil determinar els efectes concrets que un procés d'urbanització pot tenir sobre el medi natural, alguns en són els impactes a remarcar (Cañas, 1992):

- Impactes directes: destrucció de la vegetació psammòfila i erosió, desaparició o substitució d'espècies animals, canvi en el règim hídric superficial, i canvi en el nivell freàtic dels aqüífers.
- Impactes indirectes: augment de la contaminació atmosfèrica, debilitament i destrucció de masses forestals degut a contaminants atmosfèrics o edàfics, i eutrofització de les aigües continentals.

A part dels efectes *in situ*, el creixement urbanístic de Can Picafort també ha afectat indirectament la franja natural d'es Comú. Tot i que en ella no s'hi hagi dut a terme un desenvolupament directe d'infraestructures urbanes, sí que la pressió antròpica conseqüència del creixement a les zones limítrofes ha augmentat. Aquest fet s'ha traduït amb una sobrefreqüentació de la zona, generant-ne pràctiques negatives per l'ecosistema, fragmentant considerablement el sistema dunar, i danyant la primera línia de dunes. Demostració d'aquest fet en són el notable nombre de *blowouts* existents al front dunar d'es Comú, amb la quantificació d'un total de 58 formes erosives individualitzades més 4 zones catalogades com a degradades donat el seu alt grau de fragmentació (**veure apartat 3.3.**).





Fotograma Can Picafort 1956

Esc: 1.25000



Fotograma Can Picafort 2008

Esc: 1.25000

**Figura 29:** Evolució urbanística del nucli de Can Picafort – Santa Margalida –.

Des del punt de vista físic, a part de la urbanització litoral, altres accions han afectat les característiques morfològiques originàries de la platja d'es Comú. Ens referim a les distintes regeneracions artificials de sediment executades en aquesta zona (Servera, 2004; Basterretxea *et al.*, 2007), que a través de la deriva litoral – en direcció nord –, s'ha produït una redistribució del sediment regenerat, suposant canvis en la morfologia, mida de gra, i gènesi de l'arena a la platja d'es Comú conseqüència de les divergents característiques geogràfiques en el lloc d'origen – Banyalbufar, Serra de Tramuntana –. En definitiva, la tendència mostra com les platges i els sistemes dunars han estat eliminats – sistema dunar de Can Picafort – o greument alterats – es Comú de Muro – a través de l'ús que se'ls hi ha volgut donar. Precisament aquests usos han provocat que els sistemes patissin reorganitzacions de la seva morfologia originària i remobilitzacions del seu sediment just per satisfer algunes de les necessitats de l'home (Nordstrom, 2000).

El creixent desenvolupament econòmic al llarg de la línia de costa també es manifesta a la part marina, amb la presència de ports, obres hidràuliques, i infraestructures de protecció. En aquest cas, dos en són els exemples que interfereixen amb les condicions naturals – el port esportiu de Can Picafort, i l'Oberta de s'Albufera –. La interacció d'aquestes estructures amb els factors d'origen geològic, físic i biològic, modifiquen les característiques morfològiques naturals de la superfície terrestre a la zona costanera, així com els paràmetres dels processos litorals a escala espacial i temporal, particularment de l'onatge, corrents marines i transport de sediment (Vergara, 2007). Una de les empremtes encara patents dels intents de dessacació de s'Albufera n'és el que es coneix com a s'oberta del Gran Canal. Aquesta primera intervenció antròpica en el litoral de la badia d'Alcúdia provocà canvis molt importants i transcendents en la dinàmica natural dels sistemes platja-duna (Servera, 1997). L'efecte es produí de nou amb les infraestructures més recents, com n'és el port esportiu de Can Picafort. Ambdues plataformes han constituït una trampa sedimentària important que ha obligat a un nou reajustament de la línia de costa des de la seva aparició (Martín-Prieto i Servera, 2006), generant alhora zones d'acreció de sediment en detriment d'altres on l'erosió és prou manifesta (Servera, 2004).



Associades al procés urbanitzador, les infraestructures de transport també han tengut efectes sobre els sistemes naturals costaners, tot i que en aquest cas aquestes només es tradueixen en xarxa viària. La construcció de la carretera que uneix Alcúdia i Artà (C-712) suposà efectes importants en quant la fixació dels sistemes platja-duna. Avui dia, aquesta esdevé com a factor limitant en tant a l'evolució del sistema d'es Comú, ja que el delimita per la seva vessant oest, separant físicament la zona dunar de la zona humida, tot interferint en els processos d'interacció natural.

Pel que fa al Parc Natural de s'Albufera, tot i el grau de protecció del que gaudeix, alguns han estat els impactes que han generat conseqüències negatives per l'entorn, expressades bàsicament pels importants projectes de dessecació en segles passats, i pel desenvolupament urbanístic a la franja litoral (Greenpeace, 2009). Centrant-nos amb la zona humida, dos en poden ser els impactes antropogènics a destacar. En primer lloc fer referència a la instal·lació i construcció de la central tèrmica d'Es Murterar (Figura 30), iniciada al 1979 i finalitzada 2 anys més tard, al 1981 (Picornell i Ginard, 1995). Dita central es construí en uns terrenys ben devora s'Albufera, enfront d'Es Colombar, una de les àrees dins la zona humida més importants ornitològicament parlant. L'impacte ambiental i paisatgístic ha estat força considerable, derivant-se accions tals com la presa i la descàrrega d'aigua de mar, la contaminació acústica de la maquinària utilitzada, la contaminació atmosfèrica a través de partícules d'anhídrid sulfurós, o l'impacte visual degudes les seves dimensions (Picornell, 1985).

Un segon efecte de calat és el que prové de les pràctiques agrícoles, sobretot les dutes a terme arreu de les terres adjacents. Aquesta pressió, tot i que és difusa, pot arribar a desenvolupar un efecte que a llarg termini pot ser difícil de recuperar. Les zones humides tendeixen a ser trampes de sediment on es potencien les acumulacions de fòsfor, nitrats, nutrients, herbicides, i pesticides, tot afavorint processos de bioacumulació i eutrofització. L'extracció d'aigua per part de l'home – bé per a l'ús agrícola o per l'activitat turística – fa també que les zones humides rebin aportos freàtics, deguda la seva comunicació amb les masses d'aigua subterrània, continental o marina. En el cas que ens ocupa, la salinització dels aquífers és un risc patent, sobretot en temporada estival (Barón, 2008).



**Figura 30:** Font: Destrucción a toda costa 2008 (Greenpeace, 2009).

Les pràctiques pesqueres i agrícoles no són absents dins els límits del Parc, generant també, tot i que amb manco incidència ecològica, impactes sobre l'espai. Bons exemples en són el conreu d'arròs – pràctica potenciada a començaments del segle XX, amb l'activitat de la *Compañía Industrial Balear* –, el qual en el seus anys d'efervescència suposà una reducció important de les extensions de canyet, o la pesca d'anguila, que tot i que amb el pas del temps ha anat disminuint de manera considerable, algunes en són les captures que encara es fan a dia d'avui. Finalment, i en clau històrica, alguns han estat els impactes antropogènics que ha sofert s'Albufera. Ja al segle XVII van aflorar els primers projectes de dessecació de la zona humida per dedicar-la a conreu – projecte del francès Alexandre de Canterac –, tot i que va ser el segle XVIII el més important en quant a projectes d'aquest tipus, sobretot amb les expectatives de la *New Majorca Land Company*, encapçalada per J.F. Batenman i W. Hope. Tot i que el projecte no s'executà en la seva totalitat, es dessecaren algunes hectàrees de la zona humida, provocant canvis importants en la morfologia natural de la zona i afectant de ple les seves característiques ecològiques (Picornell, 1985).

#### 2.3.4.4. *Punt de vista popular vs. Punt de vista científic*

Un fet recurrent dins la disciplina geogràfica, sobretot pel que respecte a l'estudi del territori des del punt de vista físic, en són les divergències entre la percepció i caracterització científica per una banda, i la social per l'altra. L'espai litoral ha demostrat ser paradigma d'aquesta problemàtica, projectant contínuament distintes visions en funció dels agents que es considerin. De fet, la percepció que un té de l'espai litoral pot discrepar fàcilment amb altres punts de vista. Les interpretacions que avui es fan de la costa són realment heterogènies, i responen sempre als interessos de distints col·lectius. Conseqüència d'aquesta heterogeneïtat, i com explica Suárez de Vivero (1999), avui dia encara no hi ha una unanimitat científica a l'hora de definir consistentment termes tals com *costa* o *litoral*.

És per aquesta raó que considerem oportú tractar aquesta qüestió, per intentar reflectir, a mode d'aproximació, les divergències entre els distints prismes de visió. En aquest cas, i degut al context socioeconòmic en el que vivim, ens centrarem amb el que es correspon a la platja alta, degut a la repercussió que aquesta té sobre els usuaris de la primera línia litoral. A més, el fet de que aquest espai sigui de transcendent importància per l'economia balear, potencia que les realitats defensades pels diferents agents siguin encara més distants.

##### 2.3.4.4.1. Punt de vista popular del què és una platja

Segons la percepció popular, la platja correspon a la franja de sorra fronterera entre el mar i la terra, sistemàticament independent d'ambdós, i que presenta gran utilitat a l'estiu com a zona d'esbarjo. A més, es postula com un espai amb elevat potencial econòmic, explotat per la indústria turística. Així doncs, la percepció de la realitat des d'aquest punt de vista posa de manifest una sèrie de problemes.

##### Necessitat de la platja i del passeig

La platja, entesa com a plataforma sorrenca, és considerada imprescindible com a pol d'atracció del turisme de Sol i platja. Una plataforma sorrenca extensa, neta –sense brutícia ni “alga” –, que ofereixi una bona imatge per l'oferta turística, es postula

essencial pel model econòmic balear, i es valora com a mesura pel “desenvolupament” dels nuclis costaners. D’aquí la pressió de certs agents econòmics i socials pel que fa la necessitat de netejar la platja abans de la temporada alta estival, per aconseguir així unes superfícies d’arena planes i “netes”, totalment aptes pel desenvolupament de la pràctica turística i per la comoditat dels usuaris.

Els passeigs marítims s’entenen com el complement de les esmentades plataformes, sense que la uniformització de la façana marítima sembli representar un aspecte negatiu des del punt de vista conservador, tot i que la tendència a la recuperació de la identitat local sembla invertir aquesta última percepció. Aquestes infraestructures són de vital importància pels agents turístics, sobretots els centrats amb hoteleria i hostaleria. Fins ara, bona part de les actuacions executades pels distints gestors –tant l’administració local com l’autonòmica i estatal – s’han orientat cap al foment d’aquest model, aconseguint generalment, un important suport social.

#### Invasió d’arena de cap a la primera línia

Aquesta és considerada popularment com una de les contrapartides en tant a les edificacions a primera línia marítima. Sobretot és al llarg de la temporada hivernal que, amb els temporals de mar, i amb els forts vents, el sediment es mobilitza i es redistribueix al llarg de l’espai. El que en condicions naturals hauria de suposar una recàrrega de sediment en el depòsit dunar, en àmbit urbans, com és la platja de Can Picafort, suposa una deflació del sediment terra endins, invadint passejos marítims, vies públiques i inclús, cases i terrasses particulars (Figura 31).



**Figura 31:** L’existència de carrers o estructures rígides en primera línia potencien els processos erosius, creant un balanç sedimentari negatiu per la platja. El cas de la platja de Can Picafort, amb carrers perpendiculars a la línia de costa, n’és un bon exemple (Hivern 2010).

#### 2.3.4.4.2. Punt de vista científic

S'entén com a platja un depòsit de sediment no consolidat a la primera línia de costa que oscil·la entre la mida d'arenes i graves, i que pot tenir bé origen bioclàstic o bé litoclàstic (Termcat, 2003).

##### Usos de la platja

Des d'un punt de vista científic, es pot considerar que en el cas de les Balears, les problemàtiques derivades dels usos que es donen a les platges van lligades al model econòmic establert. La caracterització de l'oferta turística, basada en la pràctica de Sol i platja, fa que la utilització d'aquesta es vegi potenciada en mesos estivals, moment en que es donen les condicions climatològiques òptimes pel seu desenvolupament, suposant-hi alts índexs de freqüentació i explotació. Aquest fet és especialment problemàtic en les platges naturals de gran valor ecològic i ambiental, però també és una font de problemes a tenir en compte en les platges urbanes com la tractada en aquest estudi.

La presència massiva de banyistes i altres usuaris té impactes ambientals directes sobre les platges, sobretot des del punt de vista geomorfològic i ecològic. La sobrefreqüentació, complementada per la manca de gestió i control, suposen l'eliminació de gran quantitat d'espècies vegetals a la primera línia dunar, eliminant també les possibilitats de creació de noves formacions dunars embrionàries. A més, la compactació que rep la platja a l'estiu, junt amb la pressió exercida per les màquines de neteja, varia considerablement el perfil natural de la platja, fet que afecta el seu balança natural. Aquesta actitud és potenciada pels mateixos organismes encarregats de la gestió de les platges, amb exemples tals com la instal·lació de papereres i altres utensilis en la zona de dunes davanteres, circumstància que genera punts negres, a més de zones amb alts paràmetres erosius.

##### Neteja platja

Atenent a la visió científica que aposta per la sostenibilitat i conservació d'aquests ambients, les tècniques habituals de neteja són un altre vector habitual de degradació

del sistema platja - duna. La neteja del supralitoral, habitualment realitzada amb maquinària, arrasa qualsevol formació dunar embrionària, així com la vegetació existent, cosa que impedeix crear cap tipus de formació dunar, i elimina la possibilitat de mantenir qualsevol estabilitat o equilibri en el sistema. La degradació que provoca aquesta pràctica contribueix intensament a la pèrdua de superfície de platja i a un retrocés progressiu de la línia de costa.

La retirada de les banques de Posidonia és un altre punt conflictiu pel que fa a la neteja del supralitoral. Aquesta activitat, duta a terme per motius estètics i sota la pressió del sector hotel·ler, provoca una indefensió del mesolitoral enfront de l'onatge. Aquest fet és eminentment problemàtic l'hivern, quan tenen lloc la majoria de temporals, però també a l'estiu, quan la retirada de l'alga és realitzada amb motiu de l'explotació turística. A part de disminuir les defenses de la platja front els temporals, la problemàtica de la retirada de Posidonia rau en metodologia utilitzada. La utilització de maquinària pesant (Figura 32) no discrimina entre les restes vegetals a eliminar i l'arena adherida a la part inferior de la mateixa, amb el que en cada operació de neteja es perd una quantitat important de sediment, el qual és eliminat del sistema definitivament. A mode d'exemple, Roig Munar *et al.* (en premsa) demostren com els volums d'arena dins una berma de Posidonia retirada per maquinària poden arribar al 60% del volum total, com n'és el cas de la platja d'es Portitxol – Eivissa –.



**Figura 32:** Neteja de la platja de Son Bauló -Can Picafort-(Primavera 2009).

### Efecte de barrera urbanística i la impermeabilització litoral

Aquest problema, tan sols concebut com a tal en els darrers temps, és deu a l'expansió dels nuclis urbans al llarg de la costa, generalment seguint pautes anàrquiques i sense planificació alguna, allunyant-se dels centres històrics dels diferents nuclis urbans ancestrals. La tipologia urbanística derivada d'aquest model de creixement és de molt baixa qualitat, amb edificacions que es van clonant al llarg de molts quilòmetres de costa, complementades per rígides infraestructures tals com passejos marítims o carreteres costaneres.

La problemàtica derivada d'aquestes d'actuacions resideix en el fet que entre la zona supralitoral i el camp de dunes interior s'erigeix una pantalla d'edificacions que incomunica totalment el sistema marins amb els ecosistemes terrestres, eliminant la zona de contacte entre ambdós, i per tant interferint en la dinàmica natural del sistema platja-duna, abolint qualsevol possibilitat de transport de sediment d'un ambient a l'altra. En alguns casos, més que la fragmentació del sistema, ha suposat l'eliminació total del camp dunar – un clar exemple el trobem a Can Picafort (foto\_) – afectant el funcionament natural en el seu conjunt.

### Inexistència del primer cordó dunar

Com ja s'ha explicat, el primer cordó dunar de dunes davanteres actua com a element regulador del flux de sediment entre les diferents zones de la platja i del camp de dunes. En moltes platges de Balears aquest essencial element regulador no és present, o si més no es troba altament fragmentat generalment per motius antròpics, com en el cas des Comú de Muro.

Quan té lloc aquest fet, el conjunt de la platja perd un dels recursos més importants per fer front a les pèrdues de sediment degudes a les situacions de grans temporals. Un balanç negatiu de sediment en una platja provoca que aquesta no pugui establir correctament els processos que serveixen de defensa a la zona supralitoral i que, en cada nova situació de temporal, la platja sigui més vulnerable als processos erosius. En el cas de les platges de Can Picafort i d'es Comú de Muro, un primer cordó dunar ben

desenvolupat, amb vegetació psammòfila que el fixa, hauria pogut reduir els efectes dels temporals de novembre del 2001.

#### Desaparició paulatina de l'arena

Com ja s'ha esmentat, en dies de vent es dona un transport de sediment des de la plataforma supralitoral cap al que potencialment hauria de ser el primer cordó dunar. En el cas de la platja urbana de Can Picafort, l'esmentat cordó no existeix, pel que la funció de regulació del flux d'arena no es duu a terme, donant-se un excés de transport cap a les zones interiors, ajudades per la canalització dels carrers perpendiculars a la línia de costa.

Aquesta desaparició es tradueix en sediment que, ajudat per la canalització que suposen els carrers perpendiculars a la primera línia de costa, passa a formar part del paisatge urbà, depositant-se en propietats o carrers ubicats a primera línia, en que els residents escombren i llencen als fems, o bé al passeig marítim, on els serveis de neteja realitzen la mateixa funció, o bé col·lapsant la xarxa de clavegueram. La part de l'arena que no és eliminada d'aquesta forma és transportada terra endins, quedant fora del sistema litoral ja que no hi ha cap mecanisme natural dels explicats anteriorment que pugui facilitar el retorn d'aquest sediment a la platja (Figura 31).

A part de la pèrdua de sediment conseqüència de factors naturals – tot i que afectats per accions antropogèniques –, un altre vector de pèrdua es produeix a través dels mateixos usuaris quan, de forma inconscient, s'emporten arena adherida al cos o bé en els complements utilitzats – tovalloles, roba, sabates, etc. –. Aquest aspecte, malgrat que pareix banal, té una importància fonamental per a les platges de les Balears, atesa les diferències entre la limitada producció de sediment i el gran nombre de visitants que diàriament suporten. Roig Munar (2006) determina que en el cas de Menorca, a través de l'anàlisi de 12 platges arreu de l'illa, la mitjana d'erosió provocada és de 33,64 g/usuari/bany, dels quals 26,65 g se'n van adherits als cossos, i 11,99 g ho fan a les tovalloles.



### Interferència en els cicles sedimentaris

Aquest fet és alhora un problema i una conseqüència dels punts comentats anteriorment. La desestructuració i interferència dels sistemes platja-duna a través d'estructures rígides enginyerils, així com la gestió actual de la platja, tenen com a conseqüència un desequilibri en el seu delicat balanç sedimentari – la platja de Can Picafort com a paradigma – . La fuga contínua d'arena fa que els dipòsits de sediment actuals tendeixin a la desaparició, accelerant així la reducció de la superfície de platja alta, tot derivant també efectes socioeconòmics negatius, suposant manco superfície de solarium per a l'explotació turística.

### Vulnerabilitat de la platja vers els cops de mar

Com ja s'ha esmentat abans, la platja és el millor sistema de defensa del territori costaner vers el poder erosiu del mar. Aquesta aptitud de defensa es basa amb la capacitat que el sistema platja-duna té a l'hora de moure's i adaptar-se a les condicions del medi. En episodis on la mar avança terra endins, el sistema té la capacitat de mobilitzar i redistribuir el sediment del *backshore* fins al punt de provocar un traspàs d'arena del primer cordó dunar de cap als primers metres de la zona submergida – *nearshore* – , tot donant lloc a la formació de barres submarines que contribueixen a la reducció del poder erosiu de l'onatge.

En el cas de la platja urbana de Can Picafort, el sistema està encaixat en l'estreta franja territorial delimitada entre la línia de costa i el passeig marítim. En ocasions on es produeixen cops de mar o episodis de tempesta, el sistema platja es veu molt limitat en els seus moviments, ja que tan sols compta amb la franja supralitoral, doncs no hi ha ni camp de dunes ni tan sols primer cordó dunar. Un bon exemple de les conseqüències que amb aquestes situacions es poden donar el trobem amb el que succeí després del temporal de llevant de 2001, que en el cas de Can Picafort, la platja alta desaparegué, i l'arena fou mobilitzada mar endins, o bé dipositada sobre el mateix passeig marítim (Figura 33).



**Figura 33:** Efectes del temporal de novembre de 2001 sobre la platja urbana de Can Picafort.

#### Augment del nivell de la mar

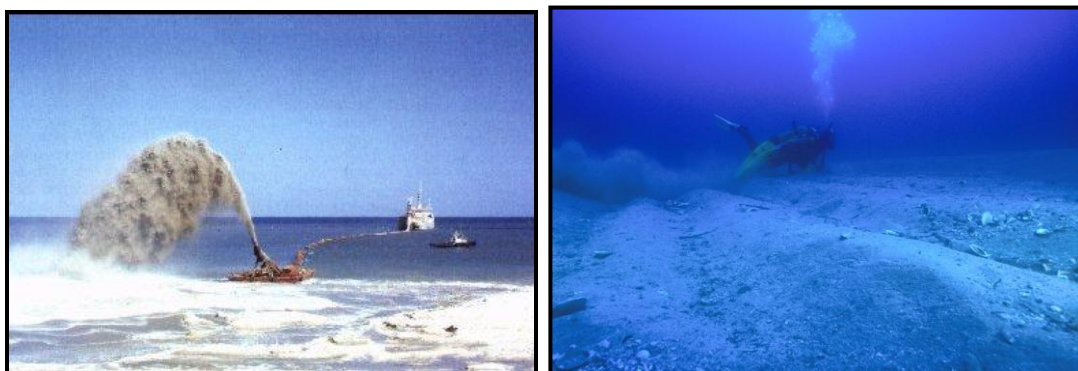
Aquest problema és de caràcter global, pel que no només implica localment a les platges tractades, ni és una peculiaritat de les Illes Balears, però sí que les pot afectar especialment pel seu caràcter illenc. Val a dir, a mode de recordatori, que els organismes oficials que investiguen el canvi climàtic preveuen un augment del nivell del mar que, en la hipòtesi intermitja, se situa entre els 12 i 18 cm al final del segle XXI, encara que altres models de càlcul xifren entre 31 i 110 cm el possible augmentn (Gitay *et al.*, 2002)

Les implicacions directes d'aquest fet signifiquen que el mar envairà zones actualment emergides, però a més es donarà una major facilitat de penetració de l'onatge cap a la zona proximal, el que es tradueix en un major poder erosiu i una major vulnerabilitat de les platges, sobretot antropitzades. Les polatges naturals tendran més capacitat d'adaptar-se a la nova línia de costa, com ja ha succeït en altres moments al llarg de la història geològica.

### Multiplicació i trasllat d'impactes

Parlem bàsicament de les mesures que, de manera artificial i forçada, pretenen contribuir positivament sobre el funcionament i l'equilibri de la platja. Aquest tipus de problema es dóna quan l'administració intenta vies de recuperació o de generació de plataformes sorrenques basades en metodologies agressives amb el medi. Tot i que les més conegudes són les regeneracions artificials de sediment, hi ha altres sistemes d'obra dura amb objectius similars.

A Can Picafort s'han dut a terme diverses actuacions de regeneració artificial de la platges. Algunes d'elles foren de magnitud més reduïda i de menor impacte – amb camions com a medi de transport i deposició del sediment –, i d'altres més agressives amb el medi, com la realitzada al 2002 (Basterretxea *et al.*, 2002). No cal dir que aquestes actuacions provoquen greus impactes al medi, tant en la zona d'abocament com en la d'extracció. A grans trets, aquests es basen en la destrucció de les praderies de Posidonia. A la zona d'extracció, aquesta destrucció es dóna a través de l'arrasament, a més d'una alteració en la dinàmica sedimentària, i la destrucció de les fràgils comunitats bentòniques. La zona de deposició es veu afectada pel soterrament del sediment regenerat (Figura 34).



**Figura 34:** Maquinària utilitzada en regeneracions artificials de platja, i el seu efecte sobre el fons marí.

Sens dubte, la visió científica de la zona costanera va molt més enllà de la caracterització econòmica a la que aquest es pot atribuir. No hi ha dubte de que aquest espai ha estat la base d'operacions de la indústria turística al llarg de molts anys, ni tampoc dels beneficis econòmics que en ell s'hi han generat. No obstant, les

conseqüències derivades de distints fenòmens, junt amb la visió transversal que defensa la vessant científica, demostrin de la vulnerabilitat d'aquests ambients i de la complexitat a l'hora de tractar-los.

El cert però, és que a dia d'avui els interessos particulars i sectorials segueixen tenint un pes important sobre les costes balears, i per tant, una veu de pes a l'hora de les decisions preses. Amb aquest escenari, difícilment arribarem a un estat a on la visió social i científica entrin amb sintonia positiva i apostin pel mateix camí.

#### **2.4. LA PART SUBMERGIDA, INFRALITORAL O NEARSHORE**

De la divisió plantejada pel present treball, sens dubte la zona marina n'és la que en ella suporta una major complexitat a l'hora de ser caracteritzada i determinada. Mentre que l'exploració de la biodiversitat en ecosistemes terrestres depara actualment poques sorpreses, l'exploració de la biodiversitat en ecosistemes marins es troba encara en els seus inicis. Segons exposa Duarte (2006), aquest contrast científic es deu majoritàriament a tres factors; a) les limitacions tecnològiques en quant a l'exploració dels oceans degudes les mancances en instrumentació i la incapacitat dels diferents països, b) la biodiversitat marina està dominada per organismes microscòpics, amb un repertori metabòlic molt superior al trobat en terra, i que proporciona constants sorpreses, i c) que l'esforç d'investigació invertit en l'exploració de la biodiversitat marina és molt inferior al realitzat per l'exploració i conservació de la biodiversitat terrestre.

La major part de la biodiversitat marina encara està per ser descoberta, particularment la que es refereix als hàbitats que hi ha al fons dels oceans. Tot i que els estudis científics centrats amb la determinació i caracterització de la biodiversitat marina van augmentant, entre 1987 i 2004 tan sols el 9,4% de la recerca publicada incidia amb aquesta temàtica (Hendriks *et al.*, 2006). Si bé es vera que la projecció científica encara es troba un tant desnivellada, els coneixements van augmentant progressivament. Avui es sap que la biodiversitat marina és molt més ampla i vulnerable del que

anteriorment es pensava, i que d'aquesta la majoria és microscòpica (Duarte, 2006; Hendriks *et al.*, 2006).

Tot i que el potencial desajustament s'expressi en termes de biodiversitat, el coneixement en àmbit marí també és inferior pel que fa a termes geològics, dinàmics, físics i químics (Fincham, 1984). Tot junt determina, en part, que aquest retard derivi cap un menor estat de conservació de la biodiversitat marina. A mode d'exemple, s'ha determinat que la taxa de pèrdua d'hàbitats amb un paper clau per la conservació del paisatge marí és entre 2 i 10 vegades superior a la taxa de pèrdua del bosc tropical (Duarte, 2006; Hendriks, *et al.*, 2006). L'exploració de la biodiversitat marina s'enfronta doncs a importants desafiaments tecnològics, incloent el desenvolupament de metodologies per explorar i estudiar la vida a grans profunditats.

La història i les característiques biogeogràfiques actuals en el mar Mediterrani són considerablement peculiars, degut principalment a la seva posició i configuració geogràfica, i a la seva estreta però intensa història geològica (Cognetti *et al.*, 2001). El mar Mediterrani ocupa una àrea aproximada als 2.500 quilòmetres quadrats. Des del punt de vista batimètric no es pot considerar com un mar poc profund, ja que la seva mitja es situa entorn als 1.500 metres. Geogràficament representa el 0,85% de la superfície total oceànica a nivell mundial, però aquest fet no impedeix que en ell s'hi trobin més de 10.000 espècies marines (MedForum, 1999).

#### **2.4.1. La part submergida a la zona d'estudi**

La delimitació d'aquesta àrea s'ha establert en funció de l'efecte que des de la part submergida hi pugui haver sobre la primera línia de costa. Així, la delimitació per l'est dibuixa un traçat paral·lel a la línia de costa, mentre que la vessant oest ha estat fixada en funció de la localització de les praderes de *Posidonia oceanica*. Amb aquestes dues premisses, la delimitació georeferenciada de la zona és la següent (Figura 35):

- Punt nord-oest: 39<sup>0</sup> 47' 12.34'' N / 3<sup>0</sup> 07' 51.97'' E
- Punt nord-est: 39<sup>0</sup> 47' 23.41'' N / 3<sup>0</sup> 08' 26.68'' E

- Punt sud-oest: 39° 46' 02.26" N / 3° 09' 16.58" E
- Punt sud-est: 39° 46' 18.71" N / 3° 09' 53.92" E



**Figura 35:** Delimitació georeferenciada de la zona marina analitzada.

Tot i que l'àrea d'estudi delimitada no contempla grans dimensions, és la que més dificultats contempla per ser caracteritzada des del punt de vista biològic, físic i estructural. Inserida dins la mar Mediterrània, les seves característiques biogeogràfiques ens obliguen a fer especial esment a les praderes de *Posidonia oceanica* existents, ja sigui des de la seva vessant productiva com també, en tant al seu estat de conservació i a la potencialitat de les amenaces a les que estan subjectes.

#### ***2.4.1.1. La importància de la Posidonia oceanica***

Sense ser objecte de la present memòria endinsar-se dins la caracterització de la biodiversitat en el Mediterrani, si és important fer esment a les comunitats de *Posidonia oceanica*, per respondre alhora a les peculiaritats que presenta l'illa de Mallorca en general, i més concretament la zona d'estudi en la qual ens centrem.

##### ***2.4.1.1.1. Caracterització d'aquesta fanerògama***

Dins el Mediterrani hi trobem tres gèneres de fanerògames marines: *Posidonia*, *Cymodocea* i *Zostera*, que estableixen comunitats botàniques prou característiques. A

més, hi ha un quart gènere, *Halophila*, al qual no es pot considerar com a genuí dins el Mediterrani, atesa la seva recent introducció des del mar Roig a través del canal de Suez. (San Félix, 2000).

La *Posidonia oceanica* és l'espècie endèmica d'angiosperma marina dominant en la Mediterrània, on aquesta cobreix uns 50.000 km<sup>2</sup> per sobre els 45 metres de fondària, suposant la formació de praderies extenses i complexes des del punt de vista topogràfic i estructural (Duarte *et al.*, 2003). Aquestes praderies representen un dels ecosistemes marins més productius al llarg del Mediterrani, amb una producció primària neta d'una 1000 g PS m<sup>-2</sup> any<sup>-1</sup> (Duarte i Chiscano, 1999). Les praderies de *P.oceanica* s'estenen al llarg de gran part del litoral mediterrani, responent a les òptimes condicions biogeogràfiques i climàtiques que aquest mar ofereix, i especialment al llarg de les platges arenoses de les Illes Balears (Roig-Munar i Martín-Prieto, 2005).

Les aigües clares i els pendents suaus característics de les Balears permeten un considerable desenvolupament d'aquestes praderies, presentant-se així com l'ecosistema marí dominant de la nostra costa. No obstant, el coneixement sobre l'extensió, estat, ecologia i funcions d'aquests ecosistemes encara és reduït, i per tant, la seva conservació requereix d'esforços per entendre millor el seu paper dins l'ecosistema marí en general (Duarte *et al.*, 2003) i la seva importància en tant la morfologia i conservació de les platges a les Balears.

L'àrea protegida de praderies de *P. oceanica* a les Illes Balears ha crescut exponencialment al llarg dels últims anys, amb inicis al Parc Nacional de Cabrera, des de la seva declaració al 1991. Des de llavors, el Govern de les Illes Balears ha definit tres instruments addicionals per a protegir les praderies de posidònia: una Xarxa de Reserves Marines, una Xarxa de Parcs Naturals, i un conjunt de llocs d'interès comunitari inserits dins la Xarxa Natura 2000, incrementant la superfície protegida de la *P.oceanica* en diversos ordres de magnitud. Sabut l'increment en quant a protecció, encara en manca coneixement de quin és el percentatge protegit envers a la superfície total d'aquesta planta marina. L'única estimació disponible suggereix una extensió de

les *P.oceanica* a les Illes Balears d'uns 2.000 km<sup>2</sup>, representant els 70% de tota l'àrea de praderies a la costa espanyola (Mas *et al.*, 1993; Duarte *et al.*, 2003). Si bé els interrogants sobre la Posidonia existeixen en tant la seva extensió exacte o percentatge protegit, enigmes com el seu origen s'associen a la formació del mar de Tethys i al tancament de la Mediterrània.

La posidònia és coneguda com “alga”, malgrat que no pertany a aquest grup, ni tan sols té aspecte de tal. Aquesta és una planta amb una organització pròpia de les plantes superiors: arrel, tija, fulles i capacitat per produir flors i fruits amb llavors. Cada planta és denominada *feix* o *fascicle*. La base està constituïda pel rizoma, i que d'ell en surten petites arrels que oscil·len entre els 15 i 30 centímetres, servint a la planta per afirmar-se i estendre's arreu del substrat. Des del rizoma cap a dalt, surten les fulles cintades d'aproximadament 1 centímetre d'amplada, sumant un total de 6 a 10 fulles per planta. A la part exterior del feix es disposen les fulles més antigues, mentre que les més joves creixen en el medi, fàcilment distingibles pel seu color verd intens i brillant, assolint una longitud màxima de 60 a 80 centímetres (Massutí *et al.*, 2000; San Felix, 2000). La renovació de les fulles és constant, ja que mentre es desprenen les fulles velles a la tardor, coincidint amb l'inici dels temporals de mar, les noves broten des de la part inferior de la planta (Roig-Munar i Martín-Prieto, 2005).

Com fèiem abans referència, la planta de Posidonia no apareix al fons de manera aïllada, sinó que va conjugant prades, oferint alhora un aspecte frondós i compacte. Aquestes formacions escullen superfícies arenoses o de graves fines. Amb aquest escenari, la Posidonia s'estén horitzontalment al mateix temps que es fixa al fons amb tendència de recobrir-lo i elevar el seu nivell topogràfic. Les plantes no deixen de créixer al llarg del temps, de manera que es distingeix una part basal formada per un embull d'arrels “velles” molt compactes, rizomes i sediment atrapat. Aquesta part creix en forma d'escull i pot arribar a tenir unes dimensions considerables. Anàlisis recents a través de carboni-14 han permès determinar el creixement interromput d'aquestes praderies durant uns 4.000 anys (San Felix, 2000). D'altra banda, la part exterior és formada per les fulles joves, projectant una pigmentació verda i intensa.



Les praderies de *Posidonia* són comunitats amb una gran riquesa biològica. La flora i la fauna associades a elles inclouen la majoria dels grans grups d'organismes marins de les nostres costes. Segons Massutí *et al.* (2000), aquesta diversitat s'expressa en:

- 122 espècies d'algues epífites i 44 espècies d'hidroïdeus sobre les fulles
- 50 espècies de porífers i 182 espècies de poliquets als rizomes
- 90 espècies de briozous
- 34 espècies d'amfípodes
- 14 espècies de decàpodes
- 185 espècies de mol·luscs

Aquesta riquesa és superior a la d'altres comunitats bentòniques mediterrànies, sobretot a la dels fons arenosos adjacents desproveïts de vegetació. El principal argument que dóna resposta a aquesta riquesa n'és la gran quantitat de microhàbitats que presenten les praderies de *P. oceanica*. La naturalesa inusual d'aquest hàbitat, on la superfície disponible es renova contínuament i és agitada constantment per corrents i onades, és la responsable de l'especialització dels seus habitants. Per això, els organismes que es troben aquí apareixen rarament en altres ambients (Massutí *et al.*, 2000).

#### *2.4.1.1.2. Funcions i serveis de la Posidonia oceanica*

L'escenari descrit anteriorment, amb la seva riquesa intrínseca, fa que la importància de la *Posidonia* i de les seves praderes sigui rellevant, no tan sols a l'àmbit submarí, sinó també en quant al mecanisme de defensa que suposa per la primera línia de les costes arenoses.

Les praderes de *Posidonia* són ecosistemes altament productius, esdevenint de fet, els prats de fanerògames marines que desenvolupen major quantitat de biomassa – al voltant d'un quilo de matèria seca per metre quadrat – (Pergent i Pergent-Martini, 1991; Pergent *et al.*, 1994). A mode d'exemple, tot per entendre la magnitud que projecta el que acabem de dir, basta pensar que aquesta producció multiplica per tres

la que es donaria en el litoral balear en cas de que aquestes praderies hi fossin absents (San Felix, 2000). Però com ja ha estat explicat en apartats anteriors, la producció biològica de *P.oceanica* no tan sols resideix en el sí de la pròpia planta, sinó també en cada un dels organismes que viuen sobre ella. Tant les algues que es troben sobre el rizoma com els epífits de les fulles, són una font molt important d'aliment per a la fauna que s'instal·la sobre les praderies. No obstant, l'evolució terrestre d'aquesta planta ha fet que per a molts organismes sigui de difícil digestió, suposant que només una petita proporció de la seva producció sigui consumida per animals herbívors – entre un 2% i un 10% – (Cebrian *et al.*, 1996).

La producció de *P.oceanica* que no és consumida pels organismes vius, sofreix un procés de degradació en el qual una part es descompon dins la pròpia praderia, i l'altra és exportada fora d'aquesta. En tot aquest procés, l'hidrodinamisme juga un paper important, controlant en tot moment la quantitat de matèria que és exportada fora de la praderia (Mateo i Romero, 1997). L'onatge i les corrents afavoreixen la caiguda de les fulles i la seva fragmentació en trossos de mida cada vegada menor, al temps que facilita la seva exportació cap a altres indrets. Paral·lelament al procés de degradació mecànica, es produeix un atac bacterià cap a les fulles, suposant una cobertura d'aquestes per part dels bacteris que s'alimentaran de la matèria orgànica, aportant alhora nutrients als fragments de *Posidonia*, fet que suposarà d'aquestes restes un aliment atractiu pels animals detritívors. L'acció combinada de l'hidrodinamisme, els bacteris i els detritívors redueix la mida dels fragments i promou la seva degradació progressiva (San Felix, 2000), amb tendència a influenciar el contingut biogènic dels sediments a la platges de les Illes, les quals no podem desvincular dels ecosistemes infralitorals (Mateu *et al.*, 2003).

A part de la funció biològica i vital de *Posidonia oceanica*, i com bé segueix remarcant Mateu *et al.* (2003) i Medina *et al.* (2000), les funcions d'aquesta planta s'estenen molt més enllà:

- Important producció d'oxigen que alliberen de cap a l'aigua.
- Elevada producció de matèria orgànica.

- Exportació de fullaca que serveix d'aliment en indrets allunyats dels alguers.
- Reciclat de matèria orgànica a través de l'estimulació de processos bacterians.
- Lloc de posta, de reproducció i reclutament per a moltes espècies animals.
- Substrat que facilita la fixació i creixement d'epífits.
- Protecció i recer per nombroses espècies animals.
- Estabilització de la dinàmica d'arenes i protecció de platges.
- Producció de sediment carbonatat.
- Fixació de CO<sub>2</sub>.
- Depuració d'aigua: filtre de sediment, nutrients i compostos potencialment nocius.
- Disminució energètica de l'onatge.
- Estabilització de perfils de platja.

L'alteració de les prades de *Posidonia* suposa la interrupció dels processos i les funcions acabades de descriure, afectant de ple les costes i el seu funcionament natural. En el cas de les Balears, i també de la badia d'Alcúdia, l'alteració d'aquests ecosistemes pot suposar greus problemes per l'estat de salut de les seves platges.

#### *2.4.1.1.3. Amenaces dels alguers de Posidonia*

La regressió dels alguers a la Mediterrani és un fet que ha estat constatat per molts autors, amb proporcions catastròfiques en el decurs de les darreres dècades, tot coincidint amb l'augment exponencial de l'activitat humana en àmbit marí. Inclús, alguns estimaven, ja a finals del segle passat, que a les costes espanyoles la seva cobertura es reduiria a la meitat en un període de 20 anys (Marbà i Duarte, 1997; Massutí *et al.*, 2000), tot i que aquestes prediccions avui no s'hagin complit. Arreu de la Mediterrània, la regressió de *Posidonia* s'observa principalment als voltants de les grans aglomeracions urbanes i instal·lacions portuàries. De fet, el retrocés de les praderies al llarg de tot el Mediterrani ha motivat a alguns estats riberencs, com França, a la seva protecció. Dins l'àmbit comunitari s'han adoptat algunes mesures,

encara que d'implantació excessivament recent per a determinar-ne la seva eficàcia. La principal d'aquestes fou la inclusió de les praderes de Posidonia dins la directiva Hàbitat (Directiva 92/43/CEE), el principal compromís de la qual suposa realitzar un inventari de la seva situació actual, àrea de distribució i, consegüentment i en funció dels resultats, agilitzar la protecció legal de les prades més importants. En el cas de les Balears, l'aplicació d'aquesta directiva ha suposat la protecció de 88.800 hectàrees de prades i altres comunitats submarines.

Tot i les mesures generades, a nivell del mediterrani, les prades de Posidonia és un hàbitat natural en regressió. Un fet que augmenta exponencialment la fragilitat i vulnerabilitat d'aquests ecosistemes marins n'és, precisament, la seva proximitat a la franja litoral, notablement accessible i necessària per l'activitat antròpica recent. El primer esglaió que hem de pujar per tal d'explicar aquesta, eminent contradictòria situació, passa pel fet de la percepció popular vers aquesta planta marina. Mallorca, i els agents que sustenten el seu sector turístic, en són un bon exemple. Dins aquest àmbit, la *Posidonia oceanica* no és considerada en cap cas com el que es mereix, sinó que es veu com *una alga molesta, la qual embruta les platges i no permet que en elles s'hi pugui nedar ni gaudir l'espai tal com pertoca*. Per tant, la principal de totes les amenaces que planegen damunt les prades de Posidonia n'és la situació de desconeixement i desinterès envers aquests ambients (San Felix, 2000).

Altres impactes característics d'aquestes zones avui dia encara en són els abocaments d'aigües brutes procedents de nuclis urbans costaners, l'impacte descontrolat d'àncores, invasió d'espècies exòtiques, o construccions de ports i infraestructures rígides en àmbit marí. L'activitat de l'home, tant des del punt de vista econòmic com de l'esplai, ja ha demostrat la seva gran capacitat per modificar les condicions naturals dels espais amb els quals interacciona i, per tant, de modificar les condicions ambientals necessàries per la vida de les praderes de Posidonia (Massutí *et al.*, 2000; San Felix, 2000). Entre les moltes amenaces a les quals estan exposats aquests ambients, destacar-ne l'augment en la terbolesa de l'aigua, la pol·lució, l'aqüicultura, les destruccions mecàniques provocades per la pesca, les construccions de calat i els ancoratges, alteracions de la dinàmica sedimentària costanera, els efectes del canvi

global i variacions en el nivell del mar, processos erosius, dragats en el fons marí, extracció per a recuperació de platges, o la descàrrega de sediment artificial, entre molts altres (Medina, et al., 2000; Massutí *et al.*, 2000). Totes aquestes accions suposen modificacions considerables en el sí de les praderies de *Posidonia oceanica*, afectant les seves característiques biològiques naturals, i també, els perfils i la geomorfologia originària de la platja emergida, que també se veu afectada per aquests impactes.

#### 2.4.1.1.4. Del seu estat a la necessitat de protecció i gestió

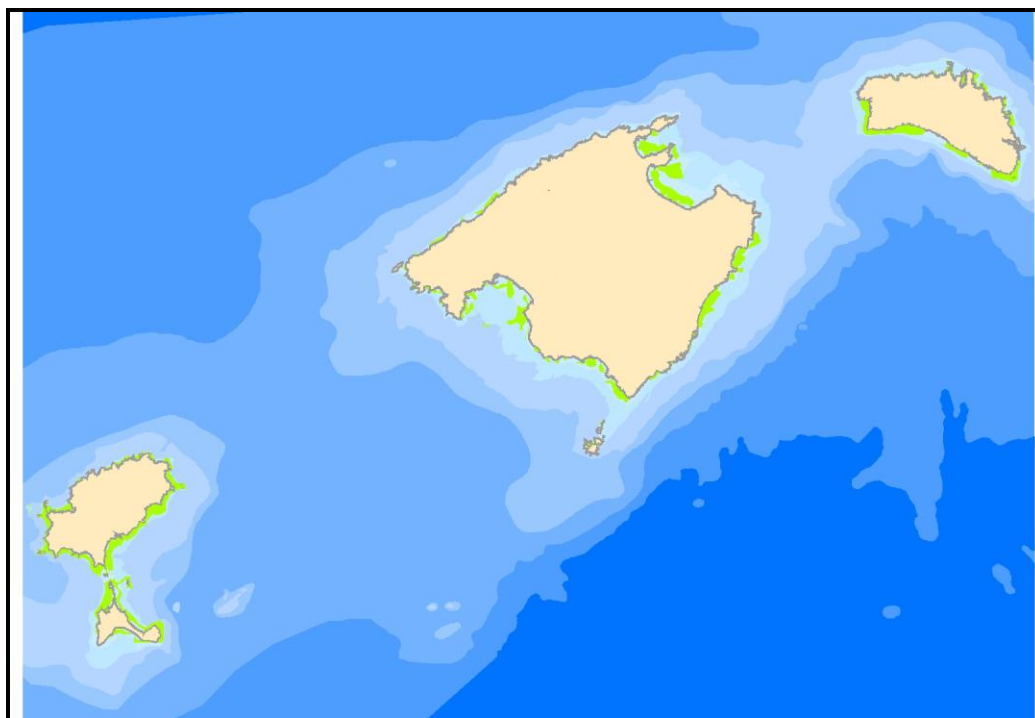
L'escenari descrit ens postula un estat pessimista en quant la salut que presenten les praderies de *Posidonia* al llarg del Mediterrani en general. No obstant, seria un error important que envers al pessimisme, la nostra postura fos de deixadesa, conduint-nos a abandonar l'esperança de salvaguardar aquests importants ecosistemes marins. La incertesa de poder recuperar el que ja ha estat perdut o altament alterat, ens ha de fer reflexionar en clau de futur, per tal de confeccionar una acció present que eviti les males pràctiques del passat, i ajudi a obrir nous camins més respectuosos amb aquests valuosos ambients.

L'exposició de les amenaces per a la *Posidonia* és un bon punt de partida per iniciar una gestió més sostenible vers aquests ecosistemes, tot proposant un seguit de recomanacions i pautes que marquin les accions a executar i que obrin les portes al camí de la conservació (Taula 6).

Una passa cap la major conservació s'ha donat a través de les bases defensades per la Xarxa Natura 2000, complint amb els objectius de la Directriu d'Hàbitats 92/43/CEE, tot per donar cobertura a la conservació dels hàbitats naturals, i a la flora i fauna silvestre. Dins aquest nou marc, un dels hàbitats que ha entrat dins la llista de la normativa en són les praderies de *Posidonia oceanica* – sota el codi 1120 –. La seva distribució (Figura 36) s'estén al llarg d'uns 7.200 km<sup>2</sup> de superfície marina limítrof a la costa balear.

Recomanacions	Acció
Control i gestió dels abocaments	Establir i determinar mecanismes de gestió que regulin i prohibeixin l'abocament de residus des dels nuclis urbans propers a les zones litorals, o bé de les embarcacions que romanen sobre l'aigua, tot per evitar la contaminació de l'aigua i l'augment de la seva terbolesa.
Mecanismes que evitin l'erosió de les costes arenoses en el seu àmbit submergit	S'han de potenciar les accions que protegeixin les praderes de Posidonia per tal de conservar la seva funció defensiva vers esdeveniments que puguin augmentar l'erosió de l'ambient submarí, tals com l'onatge o els corrents marins.
Control de dragats en el fons marí	Establir un protocol que, sota les recomanacions tècniques pertinents, estableixi una zonificació de les zones que presenten condicions òptimes per ser dragades, i d'altra banda, prohibeixi aquesta acció en zones vulnerables i on les praderes de posidònia es puguin veure alterades o afectades.
Seguiment dels dragats i estudi d'impacte ambiental	En els casos on els dragats siguin permesos, que sempre vagin avalats per la redacció d'un estudi d'impacte ambiental, supervisat per comissió. En el procés de l'acció, que siguin obligatòries mesures de seguiment, no tan sols en el precís moment, sinó també posteriorment (Directiva d'Hàbitats).
Vigilància i control de la pesca	Potenciar les accions que regulin les activitats de pesca en zones on es puguin veure afectades les praderies de Posidonia, i intensificar el control sobre la pesca de ròssec en zones on s'hi troben praderes de fanerògames.
Gestió, control i ordenació de les zones de fondeig d'embarcacions	Delimitar i condicionar l'activitat de fondeig en zones properes a praderes de posidònia. Zonificar la permissivitat d'aquesta pràctica en funció de la distribució de les praderies. Establir un <i>buffer</i> mínim que, sota aval tècnic, asseguri la integritat de les praderies.
Control en la descàrrega de sediment artificial	Prohibir les regeneracions artificials d'arena pel restabliment de platges.
Cartografiar les praderies	Cartografiar digitalment les praderies de Posidonia de manera periòdica per tal de conèixer la seva ubicació, la seva àrea, i les variacions que aquests ecosistemes sofreixen al llarg del temps.
Gestió, control i ordenació de construccions rígides a la zona costanera (ports, espigons, etc)	Regular estrictament la construcció de grans infraestructures rígides en primera línia de costa. En cas de ser construïdes, obligació en tant la redacció d'un informe d'impacte ambiental que asseguri la integritat de les praderies de Posidònia pròximes.

**Taula 6:** Accions i recomanacions vers a la protecció de les praderies de Posidonia a les Balears. Modificat de (Massutí *et al.*, 2000; Medina *et al.*, 2000).



**Figura 36** : Distribució de la *P.oceanica* al llarg de la costa balear. **Font:** Xarxa Natura 2000.

Segons la normativa, la necessitat d'actuació per aquest hàbitat és prioritària deguda la seva disminució en quant a l'àrea de distribució. De fet, i com ja defensàvem amb anterioritat, la influència humana directe és la màxima responsable d'aquesta negativa tendència, tot i que també es fa esment als processos naturals. Així, segons el criteri de Natura 2000, les principals agressions són la pesca d'arrossegament, la pesca recreativa, l'extracció de graves i sorres, la contaminació de l'aigua marina degut abocaments, la retirada de sediment, la modificació dels corrents marins, i les espècies invasores. És per aquest motiu doncs, que urgeix la protecció d'aquest hàbitat, tot per encaminar una millor conservació futura.

#### *2.4.1.1.5. Les praderes de Posidonia oceanica a la zona d'estudi*

L'escassa informació de la que es disposa, i que indirectament afecta a la zona delimitada anteriorment, és la que pertany a la fitxa tècnica de la Xarxa Natura 2000, referent a la caracterització de les praderies de *Posidonia oceanica* a les badies de Pollença i Alcúdia.

La biodiversitat de la badia d'Alcúdia volta arreu d'una notable predominança de les praderies de *Posidonia oceanica*. Tot i que hi podem trobar altres comunitats, tals com comunitats mixtes de *Cymodocea nodosa* i *Caulerpa prolifera*, comunitats d'algues semiesciàfiles o algues fotòfiles, aquestes tenen un pes gairebé insignificant. Aquest fet és apreciable a la cartografia que el *Projecte Life Posidonia* executà en referència a la tipologia de fons marí per a les dues badies abans esmentades.

La fitxa tècnica redactada per Natura 2000, en data de desembre de 1997, i modificada al maig de 2008, sota el *Codi ES5310005*, deixa també constància numèrica de la importància que aquests ecosistemes tenen a les badies d'Alcúdia i Pollença. Des del punt de vista ecològic, els paràmetres numèrics situen aquest hàbitat en un estat de conservació prou òptim, fet que queda palès amb els resultats determinats per:

- Representativitat: excel·lent.
- Superfície relativa (entesa com la relació entre la superfície coberta per l'hàbitat en el lloc –  $p$  – i la superfície total del territori nacional coberta pel mateix hàbitat):  $15\% > p > 2\%$
- Estat de la conservació: excel·lent.
- Avaluació global: excel·lent.

Partint d'aquest escenari, les prades de Posidonia que trobem dins la badia d'Alcúdia són prou extenses, tot i que es troben en diferents graus de conservació, sempre en funció de la seva distància de cap a ports esportius o zones de fondeig. Hi ha certes activitats que afecten el seu estat de salut, tals com l'activitat pesquera, especialment la d'arrossegament, i en segon lloc, l'intens trànsit marítim, tant comercial com turístic-esportiu.

D'altra banda, la presència d'un important port destinat al trànsit comercial, com és el port d'Alcúdia, i els diversos ports esportius com el de Son Serra de Marina, el de la Colònia de Sant Pere, el de Can Picafort o el Port d'Alcúdia, faciliten la presència d'un important nombre d'embarcacions esportives i comercials que afecten el sí d'aquests ecosistemes.





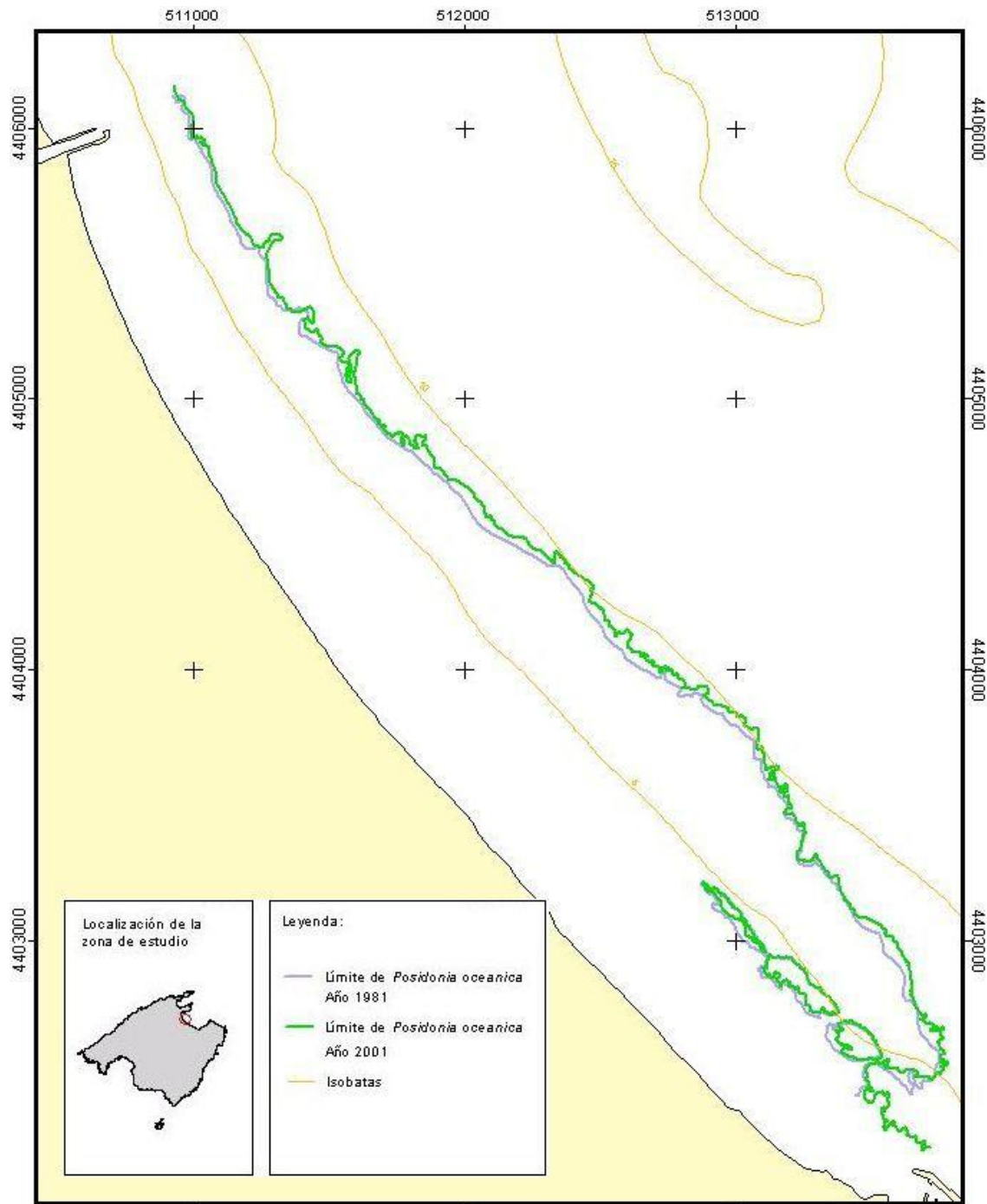
**Figura 37:** Vista aèria de les praderes de *Posidonia oceanica* a la zona d'estudi. Font: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat)

La zona estrictament delimitada al principi de l'apartat és relativament simple des del punt de vista ecològic. Tot i que la seva diversitat d'hàbitats no és molt extensa, sí que es veu afectada per l'escenari descrit en quant a la badia d'Alcúdia. Dins els seus límits bàsicament s'hi troben comunitats d'arenes fines, a més d'una comunitat mixta d'algues fotòfiles i *Posidonia oceanica*. Pel que fa a praderies integrals de Posidonia, aquestes es troben més als límits E-NE de l'àrea delimitada, tot i que també algunes en són les taques que es poden apreciar al *nearshore* (Figura 37). Si bé és cert que les diferències no són alarmants, en anàlisi de fotografia aèria es veu un cert retrocés de les praderies de posidònia en aquest indret (Figura 38).

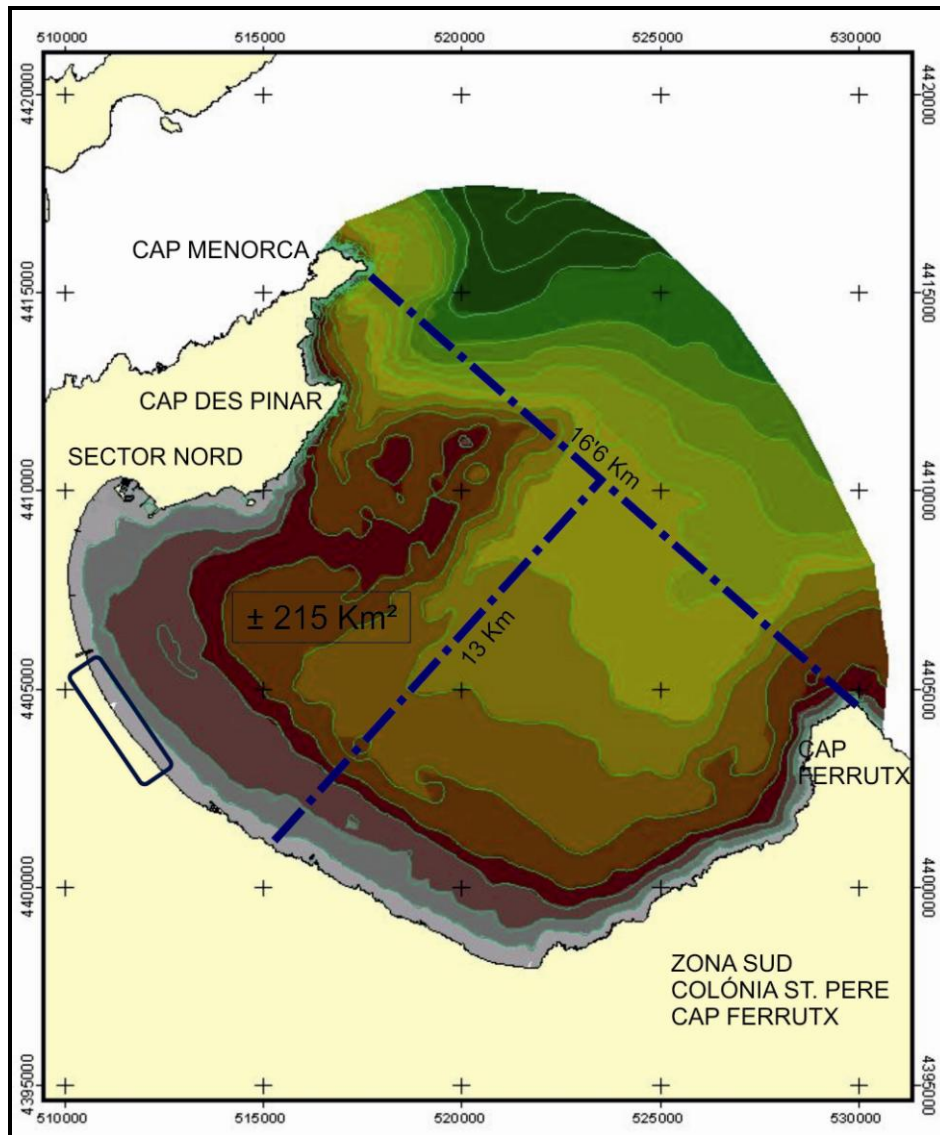
#### *2.4.1.2. Aspectes físics: batimetria, onatge, corrents marines i geomorfologia de la platja submergida*

Tot i delimitar la zona objecte d'estudi, no ens hem d'oblidar del seu context geogràfic. La badia d'Alcúdia esdevé la segona més important de les Illes Balears. Situada al quadrant nord-est de Mallorca, s'estén des de Cap des Pinar fins a Cap Ferrutx, ambdós separats per 16,6 quilòmetres. La vessant oest queda delimitada per la línia de costa, on hi trobem les platges i la resta de l'àrea estudiada a la memòria que es

presenta. La línia d'intersecció entre els dos caps abans esmentats es separa de la línia costanera per uns 13 quilòmetres, suposant tot junt una superfície aproximada als 215 km<sup>2</sup> (Figura 39).



**Figura 38:** Retrocés del les praderes de *Posidonia* en el període 1981-2001 a la zona d'estudi. Font: [www.imedeia.uib.es](http://www.imedeia.uib.es)



**Figura 39:** Dimensions de la badia d'Alcúdia.

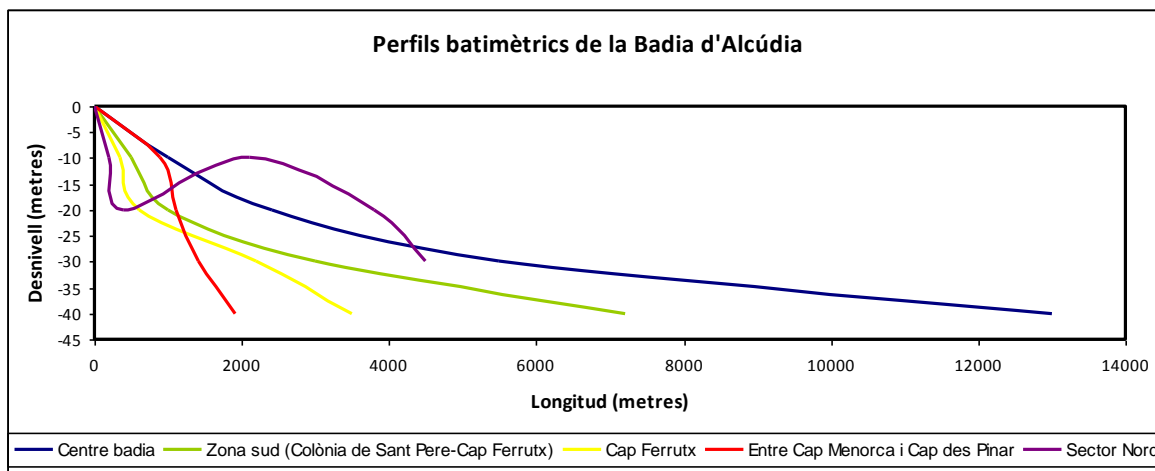
La plataforma continental de les Balears, d'una manera general delimitada per la isòbata -200 metres, consisteix en una reduïda àrea entre la línia de costa i el trencament de pendent amb el talús continental, sent la prolongació mar endins de les zones emergides illenques (Servera, 2004). La badia d'Alcúdia n'és un bon exemple. Aquesta és d'origen estructural, i es veu limitada per un conjunt de falles neògenes normals amb direcció NE-SW. Des del punt de vista geològic, aquesta és la continuació marina de la depressió central de Mallorca. La badia d'Alcúdia es divideix en dues parts: el sector nord, caracteritzat per importants mostres de subsidència, i el sector sud, on hi predomina l'estabilitat (Gelabert *et al.*, 2002; Servera, 2004; Servera *et al.*, 2009).

El traçat batimètric de la Badia mostra un aspecte homogeni, amb línies que es projecten de forma paral·lela a la silueta dibuixada per la línia de costa. No obstant, algunes en són les situacions que inciten una anàlisi més detallada. En primer lloc, a la part central, en el sector comprès entre el nucli urbà de les platges de Muro i la Colònia de Sant Pere, la topografia que es percep és força suau (Figura 40 i 43), amb un desnivell de -40 metres al llarg de 13.000 metres de longitud – des de la línia de costa fins la línia imaginària entre Cap des Pinar i Cap Ferrutx –. Aquestes dades vénen a significar una estimació de -0,003 metres de desnivell per cada metre longitudinal, i per tant, un 0,3% de pendent (Figura 43), donant lloc a la morfologia pròpia de les platges dissipatives, caracteritzades per pendents suaus i una reflexió d'energia molt baixa (Bernabeu *et al.*, 2002).

En detriment de la zona central, els extrems mostren un relleu submarí més irregular i abrupte. Els dos promontoris rocosos existents – la península d'Artà cap al sud, i la península d'Alcúdia al nord –, mostren la seva continuació de cap a la part submergida, provocant una batimetria més escarpada, sobretot als primers metres del *nearshore* o sector proximal. A la part sud, des de la Colònia de Sant Pere fins Cap Ferrutx, l'augment en quant a profunditat és força notable al llarg dels primers metres, passant de 0 a -20 metres en una distància longitudinal del 1000 metres, suposant aquesta tendència un desnivell de 0,02 metres per cada metre longitudinal – 2% de pendent –. Aquesta tendència es suavitzava si el mateix perfil s'estén fins als -40 metres, produint-se un desnivell de 0,005 metres per cada metre longitudinal – 0,5% de pendent –. El desnivell s'accentua quan parlem del sortint sud de la badia, al Cap Ferrutx, on es dibuixa un pendent del 4% en els primers 50 metres longitudinals (Figura 40).

El relleu batimètric més escarpat de la badia se troba al sector nord, concretament a la falda de la península d'Alcúdia, entre Cap de Menorca i Cap des Pinar. El transsecte calculat ens mostra com s'assoleixen els -40 metres en una distància longitudinal de 2.000 metres, suposant un desnivell de 0,02 metres per cada metre longitudinal, derivant amb un pendent del 2%.

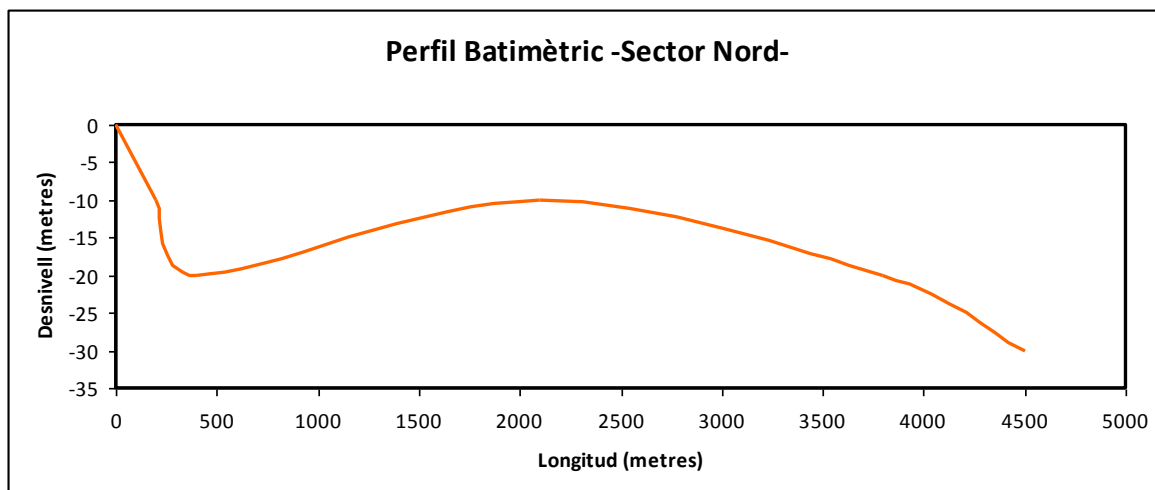
Caracteritzada la batimetria de la badia a través de diferents perfils amb direcció W-E o SW-NE (mapa\_), cal fer esment del que succeeix al sector nord. Com ens mostra el mapa batimètric, la part nord de la badia es caracteritza per un promontori submarí, paral·lel a la península d'Alcúdia, i alineat amb la sortida natural de s'Albufera i amb la falla neògena que dóna lloc al torrent de Son Bauló. La batimetria resultant del tall es caracteritza per la seva heterogeneïtat, per la qual cosa no es veu objectiu calcular una pendent mitjana de tot el transsecte. L'efecte terrestre dins els primers metres del *nearshore* és força palpable, derivant un pendent molt acusat al llarg dels primers 400 metres, punt on s'assoleixen els 20 metres negatius – 5% de pendent –. Tot seguit, des dels 400 metres fins els 4.000 aproximadament, el perfil ens dibuixa una forma convexa de magnituds importants, assolint una gruixa màxima de 20 metres a la seva part central (Figura 40 i 41). Aquesta tendència, i atenent al dibuixat traçat pel perfil batimètric, inciten a pensar amb motius de caire estructural, deixant de banda la hipòtesi sustentada per tendències deposicionals de sediment.



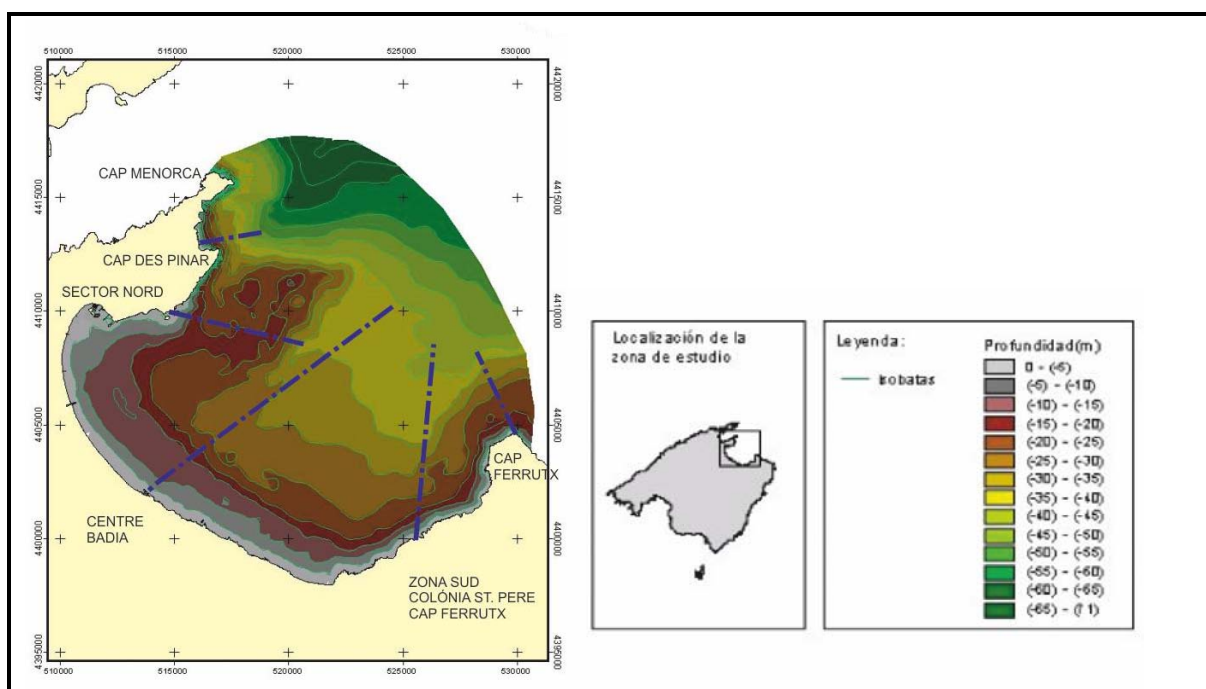
**Figura 40:** Els distints perfils batimètrics mesurats a la badia d'Alcúdia reflecteixen un cert grau d'heterogeneïtat en la seva batimetria, afectant aquesta en la dinàmica litoral de la zona.

Si bé és cert que en paràgrafs anteriors fèiem referència a la condició dissipativa de la platja al sector central, aquesta assoleix característiques més reflectives als extrems. La batimetria, junt amb altres agents com el vent, determinarà la hidrodinàmica de la zona. Com ja ha estat explicat en els apartats **2.3.2.1.**, **2.3.2.2.**, els vents principals que es donen a la badia d'Alcúdia són els de component N, canalitzats primer per la badia de Pollença i després pel corredor d'Alcúdia (Gelabert *et al.*, 2002; Servera, 2004;

Servera *et al.*, 2009), i els de component NE, canalitzats directament per la badia, i amb projecció cap a l'interior de l'illa. Conseqüència dels vents, l'onatge característic de la zona també prové de N-NE, com bé es reflecteix en els registres de la boia WANA 2075039 (Figura 17).



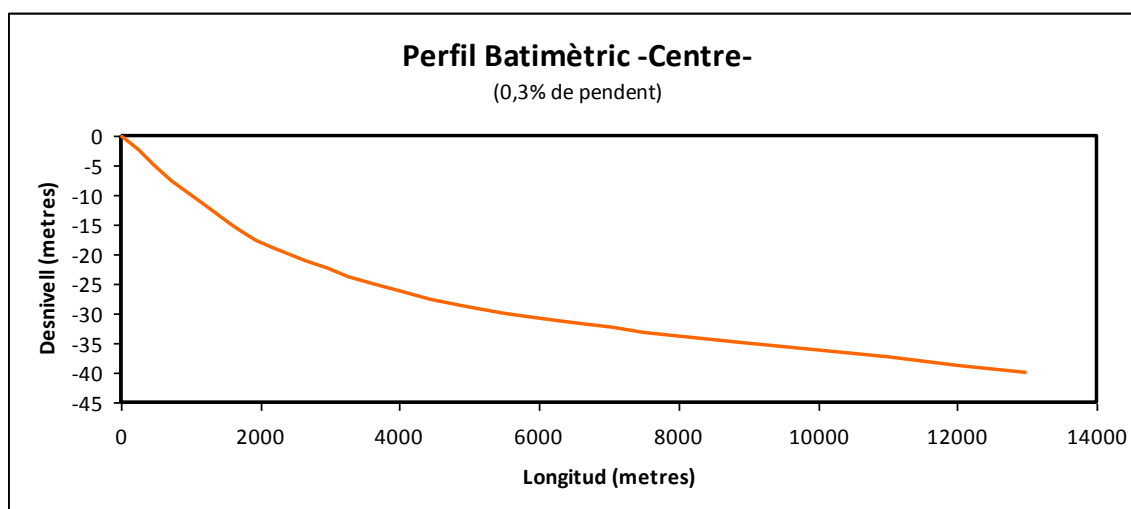
**Figura 41:** El perfil batimètric del sector nord (Figura 40), dibuixa una zona convexa de magnituds importants, fet que el fa discernir de la tendència lineal seguida per la resta de perfils analitzats.



**Figura 42:** Localització i traçat dels perfils batimètrics analitzats a la badia d'Alcúdia.



La zona d'estudi delimitada dins l'àmbit marí es troba de ple dins el sector central de la badia d'Alcúdia. Les seves característiques batimètriques determinen que la platja submergida adopti un perfil molt suau (Figura 43), amb un pendent molt moderat i per tant, un comportament dissipatiu vers a l'onatge que hi arriba. El gradient de pendent de la platja en general, i del *nearshore* en particular, molt tenen a veure amb el grau d'incidència energètica que l'onatge descarrega sobre l'*swash*, i per tant també, en la caracterització morfològica d'aquest ambient. La platja submergida estudiada en aquesta memòria segueix els patrons que Davids i Fitzgerald (2004) utilitzen per caracteritzar les platges dissipatives. Així, i seguint les seves apreciacions, la platja d'es Comú i Can Picafort tendeixen a presentar barres arenoses submergides inserides dins el sector proximal. Aquestes són les responsables de la ruptura de l'ona, i el punt que dóna inici a la seva dissipació cap a la línia de costa.

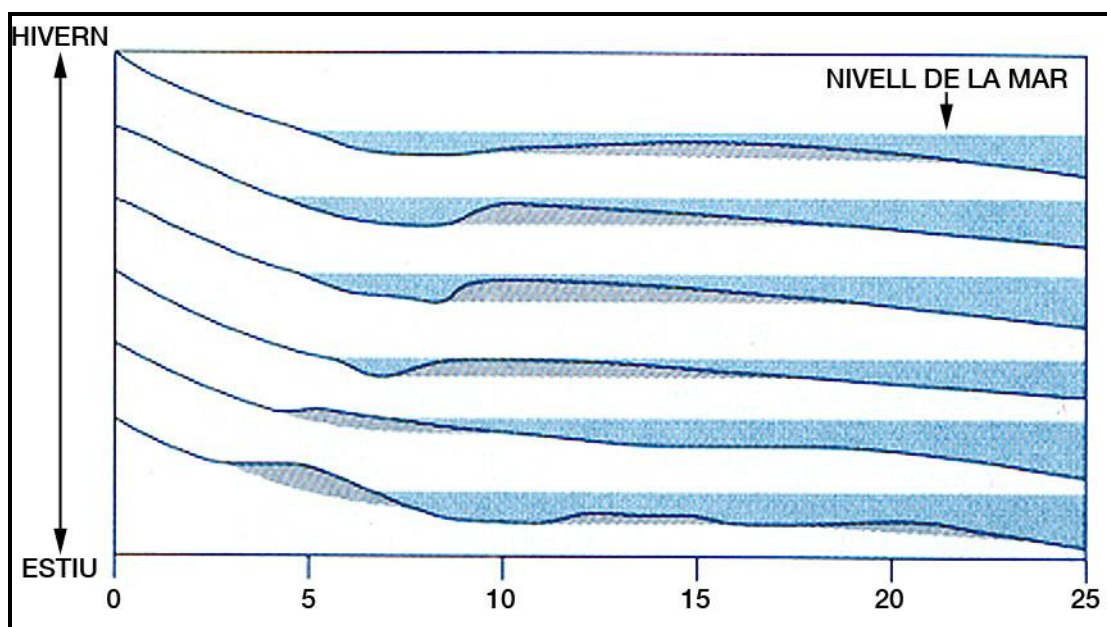


**Figura 43:** La part central de la badia d'Alcúdia es caracteritza per perfils batimètrics molt suaus, de pendent moderada, adoptant comportaments dissipatius.

Les barres arenoses submergides són un fet repetitiu en l'anàlisi de fotografia aèria des de 1956 fins a 2008 pel que respecte a les platges analitzades. La comprovació de la imatge aèria ens permet veure com aquestes barres no són contínues, sinó que presenten zones deprimides o de trencament – *rip channels* –, per les quals es canalitzen mar endins els corrents de ressaca – *rip currents* – (Davids i Fitzgerald, 2004; Bird, 2008), dibuixant una topografia irregular la qual presenta elevacions heterogènies (Figures 44 i 45) . A més, i com indiquen Davids i Fitzgerald (2004), un

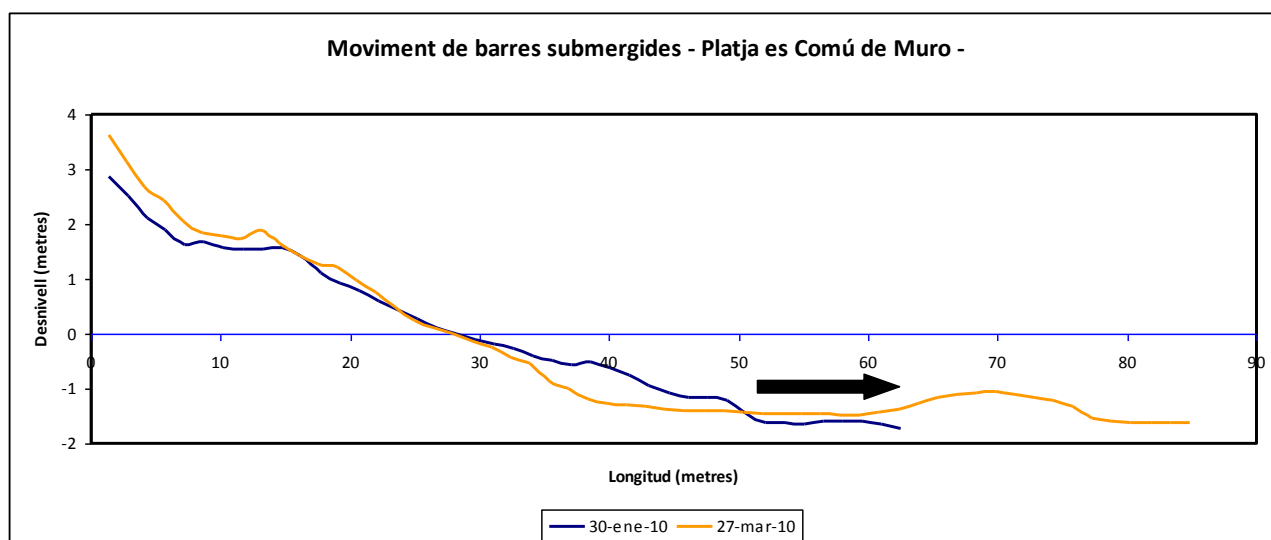
escenari geomorfològic comú al llarg del *nearshore* a les platges en qüestió, n'és la presència de vàries barres arenoses, paral·leles entre sí, i també respecte a la línia de costa. No obstant, i degut a la seva vulnerabilitat envers canvis, a vegades dibuixen formes semicirculars, cúspides, llunàtiques o corbes, obertes cap a la primera línia (Bird, 2008).

Les barres arenoses són formades i estructurades per l'acció de l'onatge, i van associades també a la dinàmica de corrents de la pròpia badia. Esdevenen el punt de ruptura de l'onatge, provocant després una acumulació de sediment i el seu posterior creixement (Bird, 2008). Alguns autors afirmen que la mida i la distància vers la línia de costa depèn de la dinàmica i la força de l'onatge (Rey *et al.*, 1995), variant la seva posició en funció de la temporada anual i la força energètica refractada per les ones (Figura 44 i 45). Tot i que es poden trobar barres submergides de petits còdols, les característiques de la badia d'Alcúdia fan que les barres de les platges de es Comú i Can Picafort siguin compostes granulomètricament per arenes fines o mitges.



**Figura 44:** Representació esquemàtica del moviment sofert per les barres arenoses en platges dissipatives i en una escala anual. Modificat de Davids i Fitzgerald (2004).





**Figura 45:** La posició de les barres arenoses submergides al nearshore no és fixa, sinó que varien al llarg del temps, depenent de la força i la intensitat de l'onatge. Com es mostra a la present figura, les barres arenoses a la platja d'es Comú suportaren canvis estacionals substancials al llarg de 2010.

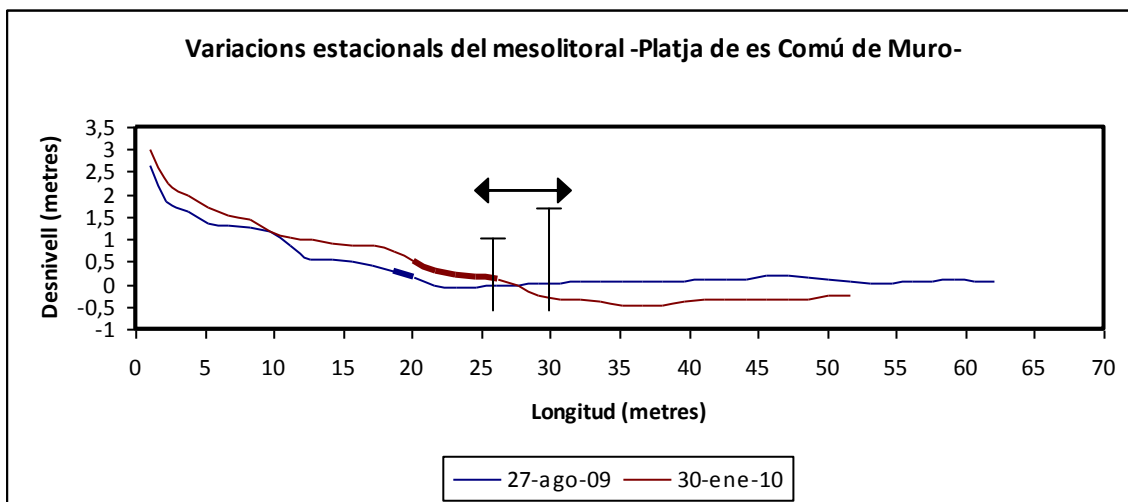
L'*swash* (Figura 46) es defineix com la zona de vaivé provocada per l'aigua que, un cop l'ona ha col·lapsat dins el *nearshore* – a la zona de trencament –, és abocada sobre la zona ecotònica que connecta la part submergida i la part emergida de la platja. Al ser un mar micromareal, on l'acció de les mareas és nul·la, aquesta zona de transició es podria postular com l'equivalent a l'espai intermareal de les platges oceàniques (Servera, 2004). Malgrat que des l'observació *in situ* aquest pugui semblar un espai fix, el seguiment a través del mostreig al camp (veure apartat 3.3.) el postula com un indret extremadament dinàmic, sobretot pel que fa al continu intercanvi de sediment entre la part aèria i marina. Com a resultat d'aquest dinamisme, i contrarestat també per la comparació de perfils en diferents moments de l'any, el *mesolitoral* pot ampliar o reduir les seves dimensions i el número de barres existents (Servera, 2004).

En definitiva, la situació del *nearshore* i el *mesolitoral* a les platges estudiades mostren variacions en funció de la temporada anual (Figura 47). En període hivernal, i conseqüència dels temporals de mar, el *mesolitoral* presenta menor pendent i major superfície, conseqüència de l'adhesió de barres submergides des del *nearshore* cap a la zona d'*swash*. No obstant a l'estiu, la platja presenta una tendència de deposició, constructiva, que dona lloc a un perfil del sector més curt, però amb un pendent lleugerament major, actuant de manera manco dissipativa vers l'onatge de baixa energia que hi arriba (Servera, 2004). Bird (2008) postula que amb un onatge constructiu l'*swash* assoleix una forma convexa, mentre que un onatge erosiu el perfil dibuixa una morfologia

còncava. Sobretot en zones temperades, fets com aquests fan que els perfils de platja assoleixin formes diferents entre la temporada hivernal i l'estival (Nybakken, 1997).



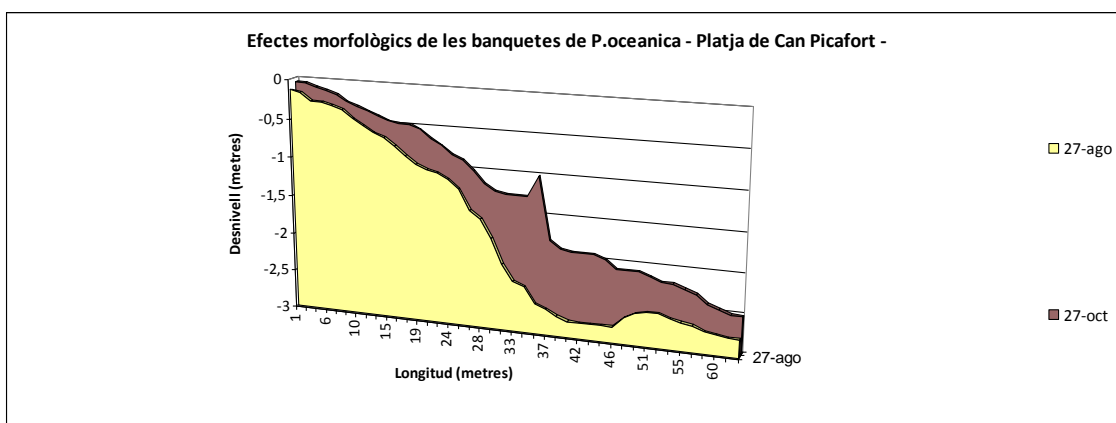
**Figura 46:** La zona d'*swash*, corresponent a la zona de vaivé de l'aigua a la línia de costa, és el punt de major energia, degut a la recurrència de l'energia refractada per l'onatge. En el cas de mars micromareals, com el Mediterrani, aquest espai es correspon a la zona de *foreshore* (Hivern 2010).



**Figura 47:** Exemple gràfic dels canvis estacionals del mesolitoral a la platja d'es Comú de Muro.

Malgrat els dos tipus de perfils es donen, majoritàriament, en cada una de les estacions que els defineix, això no lleva que el perfil dissipatiu o reflectiu pugui donar-se en qualsevol moment de l'any com a resposta a l'energia de l'onatge que incideix a la costa, o a altres factors, com les acumulacions de restes de *Posidonia* al *foreshore*.

L'observació al camp i les dades preses han demostrat que, en el cas de la platja urbana de Can Picafort, la part inferior de la platja alta o *backshore* augmenta notablement gràcies a les acumulacions de restes de *Posidonia oceanica*, tretes a la part emergida per l'onatge després de períodes de temporals. Aquest fet, a part d'allargar la longitud de platja emergida, també provoca que aquesta tenguí un perfil altament reflectiu vers l'onatge que arriba a primera línia. D'altra banda, desapareix completament el que hem definit com a zona d'*swash*, ja que l'aigua que arriba a la costa és reflectida directament per les banquetes de posidònia, podent arribar als 2 metres d'alçada (Figura 48). L'obstacle que aquestes acumulacions suposen fan que la platja emergida augmenti les seves dimensions, disminuint la seva vulnerabilitat envers a l'erosió de l'onatge i confeccionant un depòsit de sediment.



**Figura 48:** Com queda representat a la present figura, els efectes de les bermes de *P. oceanica* tenen efectes importants en el perfil de la platja alta, a més de la funció defensiva que desenvolupen vers a l'energia de l'onatge.

## 2.5. LA PLATJA ALTA O BACKSHORE

La delimitació de la zona estudiada per la present memòria obliga a establir una classificació en quant la caracterització de la franja supralitoral o *backshore*. Les particularitats dels entorns que delimiten amb aquest ambient han fet que, amb el pas dels anys, les característiques de la platja alta hagin anat divergint en funció de quin ha estat el seu emplaçament, establint alhora diferències entre sectors, tot i ser completament limítrofs.

En el front de la platja estudiada, amb una longitud que s'aproxima als 3 quilòmetres, les tendències socioeconòmiques seguides, així com també la protecció d'un tram de la restinga dunar al 1988 amb la declaració del Parc Natural de s'Albufera, han fet que avui dia les característiques de la platja i la seva vulnerabilitat envers a temporals de mar siguin notablement distintes.

Quan parlem de platges arenoses ens referim a ambients prou coneguts per part de l'home. L'atractiu que aquests ambients suposen ha fet que hagin estat assimilats com espais de lleure i pilars per a moltes activitats socioeconòmiques. Aquest fet ha tingut alguna conseqüència col·lateral. Les costes arenoses són ambients més coneguts i estudiats que per exemple les costes rocoses, ja que el seu estudi sempre ha tingut unes connotacions socials més valorades (Nybakken, 1997).

La platja alta és defineix per la franja d'acumulació de sediment no consolidat en primera línia de costa, amb una mida de gra que pot anar des d'arenas fines fins còdols, resultat de l'erosió marina. Des del punt de vista geomorfològic poden assolir paràmetres diferents, influenciats sobretot pels agents geogràfics locals. Així, es troben platges llargues i rectes o lleugerament corbes, i d'altres inserides dins ambients més rocosos, de dimensions inferiors, i delimitades per ambients escarpats (Bird, 2008). Tot i les característiques locals, les platges vénen definides bàsicament per la mida de gra, per l'acció i l'energia de l'onatge i per la pendent en primera línia (Nybakken, 1997).

Hi ha problemes per definir els límits de la platja alta, i sobretot divergències entre autors. Hi ha platges que amb el temps s'han mostrat relativament estables, tot i que la majoria d'elles mostren accelerats processos de canvi, recurrents i ràpids en el temps, sobretot en períodes de tempestes. Així, les platges arenoses són propenses a mostrar diferents perfils al llarg de l'any, depenent aquests dels agents competents en quant la formació i modificació d'aquests ambients (Davis i Fitzgerald, 2004).

Si bé és cert que s'estableix recurrentment una diferenciació entre platja alta i platja submergida, la sinèrgia entre aquests dos subambients és freqüent i persistent. Pensem sinó amb les barres arenoses, les quals en funció de l'onatge varien la seva posició, bé adherides a primera línia de costa, o bé situades al *nearshore*. O en les platges mareals, on en períodes de marea baixa afloren en superfície els *ridges* and *runnels*, formant part de la part aèria de la platja, i en períodes de marea alta queden submergits sota l'aigua. Així, és imprescindible considerar l'onatge, els corrents i les marees a l'hora de definir la platja i diferenciar-la en sectors (Davis i Fitzgerald, 2004).

Pel que fa al sediment, Bird (2008) estableix una classificació en funció de quin és el seu origen. Amb aquest sentit diferencia entre les platges amb aports fluvials, aports resultat de l'erosió de penya-segats, i platges amb sediments procedents del fons marí. Com ja ha estat comentat anteriorment, aquesta darrera tipologia seria la que afecta a les platges de les Balears, i concretament a les platges objecte d'estudi.

Tot i que l'onatge és l'agent responsable de transportar l'arena des de l'infralitoral, quan parlem de la part emergida el vent mereix d'una major consideració. En aquest ordre, moltes de les morfologies arenoses que es donin al *backshore* seran conseqüència d'aquest agent, així com també la seva modificació morfològica i de localització. L'acció del vent començarà a tenir capacitat de mobilitzar arenes de gra mig a partir dels 4 m/s (Bagnold, 1954), redistribuint el sediment i generant la seva deposició en formes eòliques arenoses.

Tot i que la badia d'Alcúdia dibuixa una costa uniforme, rectilínia, i aparentment homogènia en quant a característiques, alguns esdeveniments antròpics han fet que les diferències entre sectors hagi crescut notablement. Tornant a la classificació de Bird (2008), ens situaríem per tant en una platja llarga i recta, que en el seu conjunt dibuixa un traçat lleugerament corb. No obstant, no és tasca difícil determinar diferències entre el sector de la platja urbana de Can Picafort i la franja natural de es Comú de Muro.

Tot i això, algunes morfologies es repeteixen en ambdós sectors, sobretot en període hivernal quan l'ús i la fragmentació de la platja és menor. De les morfologies més recurrents, extrapolables també a altres indrets, en podem destacar:

### 2.5.1. *Ripple marks*

Es defineixen com a crestes regulars, disposades de forma paral·lela una amb l'altra, i que neixen i es mantenen gràcies al moviment de l'aire o de l'aigua i a la disposició de material no consolidat, majoritàriament arena (Allen, 1978), formant-se bàsicament pel procés de saltació (Pethick, 2001; Amos i Friend, 2005). Segons Bagnold (1954) es diferencien dos tipus de *ripple marks*; per una banda els *ripples* eòlics, formats per l'acció del vent en superfícies aèries, i d'altra els *ripples* submergits, formats al fons arenós del *nearshore*, conseqüència del vaivé de l'aigua.



**Figura 49:** *Ripple marks* a la platja d'es Comú de Muro (Primavera 2010).

El procés de saltació en la platja aèria (Figura 50), provocat per la mobilització del vent, configura un paisatge de crestes arenoses asimètriques (Figura 49) amb una altura que pot oscil·lar entre 1 i 2 cm, i una longitud d'ona d'entre 2 i 12 cm – en el cas d'es Comú de Muro, la mitjana mesurada és de 10 cm –. En aquest procés, els grans d'arena tendeixen a aterrar al llarg de la superfície de la platja, de forma horitzontal i agrupant-se amb altres partícules de sediment. L'impacte d'aquestes contra la superfície en sol derivar la remobilització d'altres grans d'arena, que seguint el mateix procés, variaran la seva posició cap a altres indrets. Aquesta tendència configurarà un paisatge de

petites depressions – lloc d’aterrament – i crestes – lloc d’acumulació – que s’aniran repetint regularment. La longitud d’ona que separa cada un dels *ripples* incrementa a mesura que la velocitat del vent augmenta, tot i que tendeix a aplanar-se i desaparèixer amb velocitats màximes (Pethick, 2001).

La importància d’aquestes morfologies embrionàries pot incrementar si la seva mida augmenta. I és que les definicions que es basen amb aspectes estrictament geomorfològics no discriminen a l’hora de considerar l’escala i el tamany d’aquestes formes. És així que de l’evolució dels *rippels marks* en poden derivar altres morfologies superiors, dibuixant una seqüència que pot arribar al que coneixem com a duna, passant pels *foredunes* o dunes davanteres (Amos i Friend, 2005).

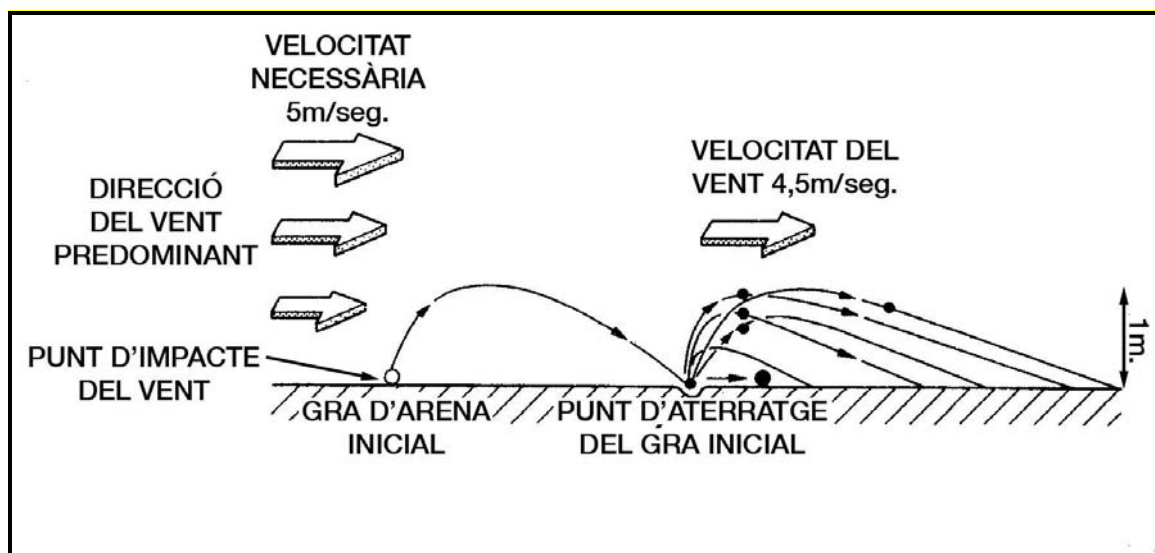


Figura 50: Esquema del procés de saltació en grans d’arena. Modificat de Pethick (2001).

Els *ripples marks* són una morfologia que es deixa veure amb facilitat a les platges estudiades. No obstant, la seva recurrència depèn de, a) si es tracta de la platja de Can Picafort o de la platja de es Comú i, b) si parlem de la temporada estival o hivernal. La presència d’usuaris i la freqüentació d’aquests ambients en serà un condicionant indispensable a l’hora de determinar la presència d’aquestes morfologies embrionàries. El fet de ser zones properes o adjacents a nuclis turístics, fa que la compactació i fragmentació de la platja en temporada estival sigui major, suposant més dificultats pel que fa al procés de formació de *ripples*. En detriment de la situació exposada, a l’hivern, l’abandó de la platja per part dels usuaris i la recurrència en

quant a dies de vent, proporcionen condicions més òptimes pel que fa la formació d'aquestes morfologies.

Els *ripples* a la platja de Can Picafort imperen al llarg de l'hivern. La seva distribució augmenta a mesura que ens allunyem de la primera línia degut a dos factors principals. En primer lloc perquè el sediment és més inestable i sec, i per tant, més vulnerable al ser mobilitzat. D'altra banda, perquè la part inferior del *backshore* és coberta per la deposició de restes de *Posidonia oceanica*, cobrint la superfície arenosa de la platja alta i alhora impedit la seva formació. El cas de la platja alta d'es Comú és diferent, ja que la presència de *ripples marks* és més dilatada en el temps, tot i que segueix els mateixos paràmetres de distribució que la platja veïna.

### **2.5.2. Banquetes de *Posidonia oceanica***

Des les moltes funcions i peculiaritats que podem atribuir a la *Posidonia oceanica* (veure apartats **2.4.1.1.2.** i **2.4.1.1.5.**), quan volem lligar aquesta a la caracterització de la platja alta ens hem de centrar amb la seva capacitat defensiva envers a la dinàmica d'erosió costanera.

Les praderes de *Posidonia* tenen una acció molt important en la protecció de la zona litoral, ja que els rizomes fixen el sediment, donant lloc a estructures rugoses que amorteixen l'acció de l'onatge i els corrents. Així s'aconsegueix que l'acumulació de fulles i rizomes de *Posidonia* dissipin l'energia de les ones, de forma que aquestes no arribin a actuar sobre els sediments de la primera línia, impedit-ne alhora la seva erosió. Segons afirmen Gacia *et al.* (1999), la taxa d'erosió de sediment sota una pradera de *Posidonia* és d'unes 4 a 6 vegades inferior si aquesta n'és absent.

La *Posidonia oceanica* ocupa normalment la franja que oscil·la entre els 5 i 6 metres de profunditat, la qual és la més rellevant en tant a la dissipació de l'onatge durant els temporals, atès que és equivalent al doble de l'altura mitjana de les ones a la Mediterrània – d'entre 2 i 3 metres – (Massuti *et al.*, 2000; San Felix, 2000). Sent aquestes ones les màximes responsables de l'erosió de les platges a les Balears en



períodes de tempestes de mar, és imprescindible mantenir intacta la franja abans descrita, ja que el contrari suposaria un augment exponencial de la vulnerabilitat costanera envers a l'erosió (Massutí *et al.*, 2000).

La funció defensiva de la *P.oceanica* no tan sols es limita al *nearshore*, sinó que també assoleix una importància especial al límit inferior de la platja alta o *backshore*. En temporada hivernal, moment en que els temporals de mar són més recurrents i projecten major energia, les fulles mortes d'aquesta fanerògama es van disposant en forma de dic sobre els primers metres de la platja emergida, formant grans banquetes (Figura 51). Aquestes estructures poden arribar a assolir magnituds importants, no tan sols longitudinalment, sinó també amb altura.



**Figura 51:** a) acumulacions de Posidonia a es Comú, b) dimensions del front inferior de la banqueta (pantòmetre = 1,5 metres) (Hivern 2009).

Les platges estudiades es podrien definir com a paradigmes d'aquestes topografies naturals. En períodes hivernals les acumulacions enregistrades arriben a assolir grans dimensions, arribant als dos metres d'alçada al front inferior (Figura 51b). Tot i això, a la platja urbana de Can Picafort aquestes tendeixen a ser de major magnitud que al sector més natural. Tot i poder-hi atribuir varies causes, les cèl·lules de deriva definides per Servera (2002) i Servera *et al.* (2009) en podrien ser l'explicació més convincent. El fet de que la platja de Can Picafort coincideixi aproximadament amb el punt de màxima reflexió de l'onatge al llarg de la badia, i que a partir d'aquí es generin les dues cèl·lules de deriva descrites, fa que la deposició en aquest punt sigui major, suposant alhora un major volum en quant a les banquetes de *P.oceanica* formades al *backshore*. En segona instància, i com bé és apreciable en fotografia aèria (Figura 52),

el volum de les praderies de *Posidonia* és superior a la part submergida limítrof amb la platja urbana, en detriment del que ocorre al sector proximal d'es Comú de Muro. Pel que fa a Can Picafort, hi ha una extensió residual que es troba molt més propera a la línia de costa, i que es situa just al centre, entre la primera línia de costa i les praderies més importants. A diferència d'aquesta situació, al *nearshore* d'es Comú les primeres praderes es situen a més distància de la línia de costa – aproximada a 1 km –, fet que també condiciona el transport de les fulles mortes de cap a la platja emergida.



**Figura 52:** distància de les praderes de *P.oceanica* vers la línia de costa.

La platja de es Comú, tot i també registrar acumulacions en forma de banquetes o dic, es caracteritza més per la sedimentació de les fulles mortes de *Posidonia*. Aquest fet va totalment lligat amb el que postulàvem al paràgraf anterior. La deriva litoral del sector nord de la badia on s'inclouen les platges en qüestió – seguint una direcció sud-nord – fa que les corrents de deriva vagin distribuint el sediment al llarg de la costa, on posteriorment se deposita sobre la platja alta degut a l'onatge.

Tot i la importància d'aquestes disposicions morfològiques pel que fa a la defensa i a la protecció natural de les platges, d'entre els impactes a destacar cal fer esment especial a l'extracció sistemàtica de les restes de *Posidonia* depositades sobre el *backshore*. En aquest cas, la platja urbana de Can Picafort, a l'igual que la resta de platges urbanes de la badia d'Alcúdia, no n'és cap excepció. Aquestes extraccions són motivades per la

gran aflluència d'usuaris, turistes i residents, que interpreten la presència de restes vegetals com a fems i molèstia, per la qual cosa transmeten les seves queixes als gestors dels serveis turístics, que alhora ho fan saber a les administracions públiques amb competència sobre la neteja de les platges (Roig Munar, 2001). El descrit és exactament el que succeeix a la platja urbana de Can Picafort (Santa Margalida) i al sector de ses Casetes des Capellans (pertanyent al municipi de Muro), on els respectius ajuntaments, amb concessions a empreses privades, executen la neteja de la platja de cara a la temporada estival (veure apartats **2.3.4.1.3.** i **2.3.4.2.**). Les tècniques utilitzades, l'igual que a la resta de l'illa, no són les més respectuoses amb el medi. La retirada sistemàtica d'aquestes acumulacions generen grans impactes a curt i mig termini. Segons Roig Munar (2000), el resultat d'aquestes actuacions al llarg de les darreres dècades ha suposat un retrocés de la línia de costa, així com de la superfície i el volum sedimentari de les platges (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000; Roig Munar, 2004; Mir-Gual, 2009).

Les platges estudiades, a excepció de es Comú de Muro – per la seva protecció –, són objecte encara d'aquestes males pràctiques de neteja (Figura 53), veient-se afectades any rere any de les conseqüències derivades. A microescala, la neteja de la platja dóna lloc a l'alteració i desaparició de la fauna intersticial, de la qual la principal font d'aliment és la matèria orgànica aportada per la mar (Roig-Munar, 2004). D'altra banda, al mateix temps que es retiren les restes de *P.oceanica*, també s'extreuen restes d'algues i organismes que resulten ser de vital importància pel balanç sedimentari del sistema platja-duna (Ranwell, 1972).



**Figura 53:** Neteja mecànica de la platja de Can Picafort – Santa Margalida –.

A nivell botànic, aquestes actuacions determinen una considerable disminució de la vegetació psammòfila al *backshore* (Carter, 1980), desplaçant espècies pròpies de la platja i alterant la seqüència natural de les comunitats vegetals (Roig Munar, 2004).

La fisonomia de la platja de Can Picafort i es Comú presenten diferències considerables en funció de si s'analitzen al període hivernal o estiuenc. Aquests canvis vénen determinats per varis factors, d'entre els que destaca les acumulacions de restes de posidònia en primera línia. A part de l'augment de la rugositat en superfície, aquestes acumulacions allarguen el perfil de platja emergida, guanyant metres a l'aigua, i dibuixant un front de perfil més escarpat. Les diferències entre els perfils són notables, no tan sols en longitud, sinó també en volum (Figura 48).

La deposició de les fulles mortes de Posidonia al límit inferior de la platja emergida va lligada a les característiques de l'onatge. Responent als diferents períodes de tempesta, es van creant capes de deposició, estructurant una fisonomia on s'alternen crestes i "tàlvegs", augmentant la rugositat en superfície i representant els diferents moments de deposició (Figura 54).



**Figura 54:** Disposició morfològica de la deposició de *P. oceanica* a la platja de es Comú.

Les fulles mortes, abans de ser adherides a la banquetta emergida, s'agrupen als primers metres de l'àrea submergida, augmentant la viscositat de l'aigua exponencialment. Aquest fet també esdevé un mecanisme de defensa que cap considerar, degut a que la major densitat de l'aigua, conseqüència de la seva mescla



amb restes de Posidonia, provoca una disminució de l'energia que es propaga amb l'onatge cap a la primera línia, i per tant, redueix també la seva capacitat d'erosió. Aquesta viscositat es deixa veure a la perfecció en períodes de calma (Figura 55), ja que en moments de màxima energia, i degut a les corrents de ressaca, es dispersa reduint la seva viscositat.



**Figura 55:** Aigua viscosa en un dia de poc onatge per la presència de restes de Posidonia, Platja de Can Picafort (Hivern 2010)

### **2.5.3. Escarpaments arenosos**

Els esglaons arenosos són una de les morfologies que es deixen veure també a les platges d'estudi. No obstant, cal diferenciar la gènesi de cada un d'ells en funció del seu origen i, sobretot, de l'agent que els provoca. Amb això ens referim a que es poden distingir entre dos tipus d'escarpaments. En primer lloc aquells que són provocats per l'efecte dels temporals de mar i en segon aquells causats per l'efecte i el pes de la maquinària pesada utilitzada per la neteja de la platja.

Alguns autors han verificat l'efecte erosiu de les ones sobre la platja emergida (Castelle *et al.*, 2007; D'Alessandro *et al.*, 2010; Reyes *et al.*, 1996), indicant en cada un dels casos la capacitat d'aquest agent pel que fa a la modificació dels perfils de platja. Segons Reyes *et al.* (1996), l'arribada de temporals suposa un augment de l'energia de l'onatge, la qual cosa provoca un dèficit d'arena al *nearshore*, que ha de ser compensat amb una erosió de la platja alta. Quan parlem d'erosió en aquests casos ens referim al retrocés horitzontal i vertical de la platja. Partint d'aquesta consideració, i com indica Reyes *et al.* (1996), el retrocés horitzontal a la platja de Can Picafort i es Comú es manifesta amb l'aparició d'escarpaments just al centre de la platja alta (Figura 56a i 57), mentre que la component vertical ho fa amb una "neteja" general de sediment, provocant un descens del perfil degut a la pèrdua de volum sedimentari, inclús podent arribar a l'aflorament d'antics substrats (Figura 56b). Aquests fets són recurrents a les platges estudiades, degut a l'efecte que els temporals de mar esdevenen sobre el *backshore*.

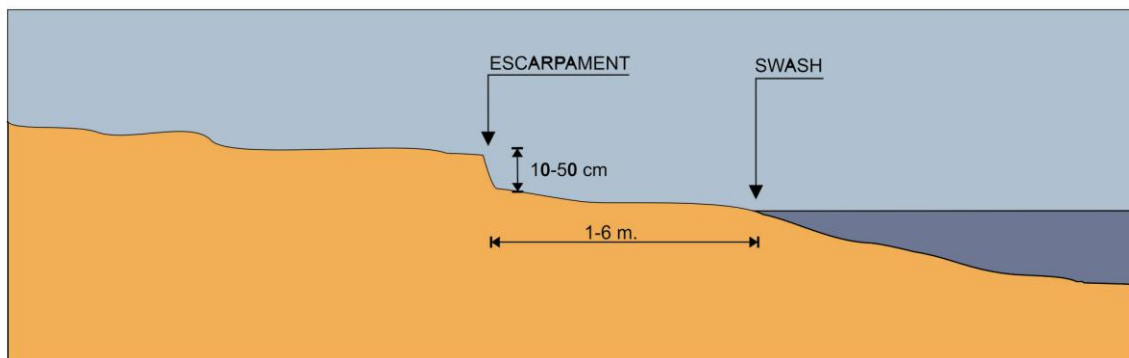


**Figura 56:** Els efectes de l'onatge sobre el *backshore* tenen efectes geomorfològics a destacar. Com exemple veiem, a) efecte horitzontal, amb la formació de berma arenosa després d'un temporal de mar, es Comú, b) efecte vertical degut a la neteja de sediment, provocant l'aflorament de materials més antics, Can Picafort (Hivern 2010).

Aquest tipus d'escarpaments, tot coincidint amb el període on la recurrència de tempestes de la mar és major, es deixen veure amb freqüència al llarg de l'hivern. En mesos hivernals la variació del perfil de platja és diària en períodes de tempesta, fet que suposa un moviment continuat d'aquests esglaons, no tan sols amb profunditat longitudinal, sinó també modificant la seva altura. Del mostreig a les platges d'estudi se'n deriva que la seva alçada oscil·la entre els 10 i 50 centímetres en dies posteriors a

temporals, mentre que la seva distància vers la primera línia (zona d'*swash*) es mou entre 1 i 6 metres.

### EFECTES DELS TEMPORALS DE MAR A LA PLATJA D'ES COMÚ DE MURO



**Figura 57:** Modificació del perfil de platja conseqüència dels efectes de temporals de mar a la platja d'es Comú.

En segona instància destacar les modificacions provocades per l'acció humana. La neteja amb maquinària pesada suposa una compactació del sòl important (Bird, 1996), així com la modificació del perfil natural de la platja (Figura 58). Aquestes modificacions en la rugositat i el perfil de la platja suposen un increment en la velocitat del vent sobre la superfície del *backshore*, i per tant, un augment dels paràmetres de transport sedimentari, fet que potencia també l'eliminació de microformes arenoses com els *ripples marks* (Pethick, 2001). Amb aquest escenari, no es permet la formació embrionària de noves morfologies, fet que impedeix el manteniment, l'estabilitat i l'equilibri del sistema en el seu conjunt (Rodríguez-Perea *et al.*, 2000).



**Figura 58:** Modificació del perfil de platja conseqüència de la seva neteja mecànica. Menorca, 1999. Font: Roig Munar (2004).

Un altre dels efectes de la neteja mecànica, i que posen més de manifest la capacitat d'aquesta pràctica en quant a la modificació del perfil natural de la platja, n'és la generació d'escarpaments arenosos al *backshore* (Figures\_,\_). El cas de la platja urbana de Can Picafort i ses Casetes des Capellans en són un bon indret per observar la fragmentació de la platja alta, sobretot entre els mesos d'abril i juny, moment en que es comença a treballar la platja per acondicionar-la de cara a l'activitat turística estiuenca. La magnitud de la maquinària utilitzada i el seu pes fan que, enfront a un substrat fràgil poc compacte, la reestructuració del perfil es produeixi amb gran facilitat.

Roig-Munar (2004) fa una anàlisi acurada dels efectes d'aquestes pràctiques sobre la platja emergida, incidint inclús amb les diferències que hi ha entre els diferents models de màquines. L'autor deixa palesos els perjudicis que aquestes pràctiques provoquen sobre aquests ambients, i de la capacitat de fragmentació que tenen. L'únic objectiu d'aquestes accions gravita entorn als interessos dels agents turístics que exploten les platges estudiades, tot per aconseguir més m<sup>2</sup> de *solarium* pels usuaris. En detriment dels beneficis econòmics però, la utilització de maquinària pesada per la neteja de platges té com a resultat un desmuntament i trasllat del material, així com una clara compactació del substrat, impeding al mateix temps la formació i desenvolupament de geofomes arenoses embrionàries, i la colonització de vegetació psammòfila herbàcia.



**Figura 59:** El pas de maquinària pesada per la platja d'es Comú suposa una alteració substancial del perfil de platja al *backshore*, incrementant la fragmentació del sistema. Les rodes de maquinària que es veuen al substrat en són mostres clares d'aquesta pràctica (Primavera 2010).



En períodes de mostreig al camp s'han pogut veure episodis en que el pas de la maquinària per la platja d'es Comú de Muro ha pontenciat la creació i el desenvolupament d'aquests escarpaments arenosos, arribant a assolir dimensions considerables (Figura 59).

La neteja de la platja urbana de Can Picafort està regulada en el seu cas pel plec de condicions respectiu, aprovat per Ple de Govern a l'Ajuntament de Santa Margalida. Segons el document, la platja en qüestió, amb una longitud de 1.300 metres i una superfície aproximada de 42.000 m<sup>2</sup>, contempla la regulació de la seva neteja mecànica. Tal i com consta al contingut del mateix, es considerarà temporada alta el període que comprèn des de l'1 d'abril al 31 d'octubre, i temporada baixa la resta de mesos. Partint d'aquesta temporització, la neteja mecànica a la platja de Can Picafort en temporada alta serà de 7 vegades a la setmana, mentre que en temporada baixa la freqüència es redueix a una retirada de restes de Posidonia mensual, prèvia autorització de la demarcació de costes.

Segons el plec tècnic aprovat pel consistori local, l'equip que s'utilitza per remoure i netejar l'arena de la platja està compost per una màquina garbelladora tipus BALEST230 H, un tractor agrícola amb 4 rodes motrius de 120 CV de potència i remolc, i una pala carregadora tipus CAT 910 amb pala adaptada per la retirada de Posidonia (Figura 60).

Segons els paràmetres numèrics postulats per Roig-Munar (2004) en platges de Menorca, es calcula que la neteja de la platja amb la maquinària citada en deriva un balanç sedimentari negatiu, ja que la variació entre el perfil inicial i resultant, sent el desmunt (D) la pèrdua de volum després del pas de la màquina, i el terraplè (T) l'increment de volum, s'expressa amb  $D = 0,25 \text{ m}^3$  i  $T = 0,07 \text{ m}^3$ .



**Figura 60:** Maquinària utilitzada per la neteja de la platja de Can Picafort (Primavera 2009).

Pel que fa a la platja de ses Casetes des Capellans, d'uns 500 metres de longitud, està regulada pel plec de condicions aprovat per Ple de Govern a l'Ajuntament de Muro. La temporització en quant a la divisió entre temporada alta i baixa és la mateixa que en el cas anterior, tot i que en aquesta ocasió la freqüència de neteja és inferior. Segons el contingut del document administratiu, en aquesta platja es durà a terme una neteja en profunditat cada 15 dies, un porgat i oxigenació de l'arena dues vegades a la setmana, una desinfecció cada 15 dies, i la retirada del fems de les papereres a nivell diari.

Segons el plec tècnic aprovat pel consistori a l'Ajuntament de Muro, l'equip que s'utilitza per remoure i netejar l'arena de la platja està compost per una màquina garbelladora tipus T230 CANICAS (Figura 61), remolcada per un tractor agrícola DEUTZ FAHR AGROTROM 135MK3 de 140 cavalls. Roig-Munar (2004) indica que la variació de perfil estimada en aquests cas és també de  $D= 0,25 \text{ m}^3$  i  $T= 0,07 \text{ m}^3$ .



**Figura 61:** Màquina garbelladora utilitzada per la neteja de les platges de Muro.

Si bé és cert que a través dels dos documents citats es regula la concessió en quant a la neteja de les platges, ambdós destaquen per la seva imprecisió a l'hora de donar detalls del com serà aquesta neteja, de quines condicions haurien de tenir les màquines, i sobretot, de la prevenció medi ambiental en quant a termes com l'erosió de platges o l'extracció d'arena fora del sistema.

#### **2.5.4. Formacions arenoses embrionàries o echo-dunes**

Les formacions embrionàries al *backshore* són un fet poc comú i recurrent al llarg de les platges estudiades, o si més no singular. Tot i la insignificança d'aquestes estructures, a la platja d'es Comú s'hi ha trobat la presència d'alguns *foredunes*, sempre però amb estat molt embrionari i de caràcter aïllat (Figura 62). Aquests es solen trobar intermitentment a la part superior del *backshore*, a les falces del cordó dissuasori que prohibeix l'accés dels usuaris a la primera línia dunar. De fet, les seqüències indiquen que, en períodes de poca pressió antròpica, aquestes formacions avancen la seva posició vers la línia de costa, i per tant esdevenen la continuació de la línia de *foredunes* més desenvolupada.



**Figura 62:** La primera línia d'es Comú, principalment al llarg de l'hivern, és objecte del naixement de formacions arenoses incipients. No obstant, el seu desenvolupament es veu afectat a l'estiu, conseqüència de la sobrefreqüentació que rep la platja (Hivern 2009).

La presència o l'absència d'aquestes estructures en són bon indicadors per identificar i determinar la capacitat modificadora i destructiva per part dels usuaris a la platja, ja que només s'hi troben en període hivernal, quan la platja és obsoleta en quant ús. Així, al llarg dels mesos hivernals s'ha observat el naixement i creixement d'algunes espècies herbàcies, majoritàriament d'*Ammophila arenaria* que, junt amb el la força

del vent fan que es desenvolupin petites *shadow dunes*. Segons Hesp (2002) els podríem considerar com a morfologies incipients, que es creixen al *backshore* conseqüència del naixement d'alguna espècia psammòfila – en aquest cas *Ammophila arenaria* –, i que el seu desenvolupament depèn de l'acreció provocada per la intensitat i direcció del vent. No obstant, la situació descrita varia substancialment a l'estiu, degut a l'alteració que els usuaris de la platja suposen pel manteniment i desenvolupament d'aquestes formacions.

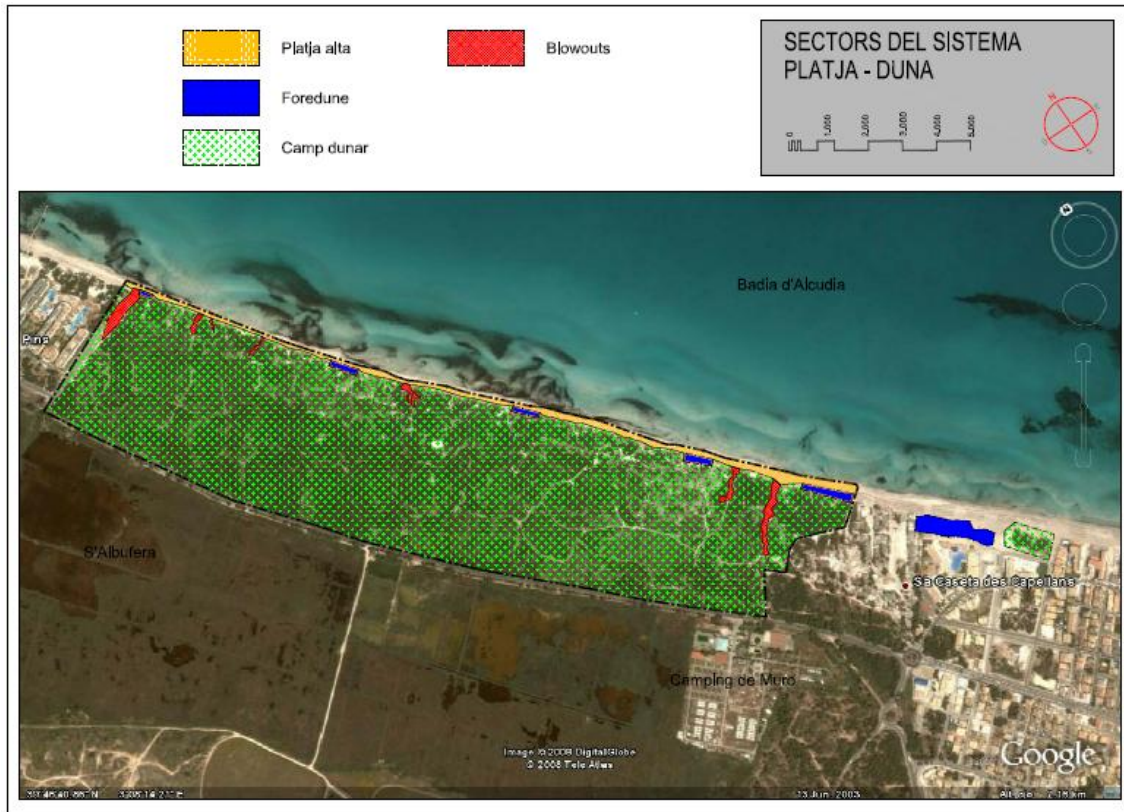
Un fet significant a nivell comparatiu n'és l'absència absoluta d'aquestes estructures a la platja urbana de Can Picafort. La manca d'un sistema dunar al darrera de la platja alta i d'una primera línia de dunes mòbils, fa que la colonització de vegetació herbàcia en la platja alta sigui gairebé impossible, ja que es fa impossible l'avançament d'aquesta dinàmica cap a la platja emergida, fet que explica i justifica la pobresa d'aquesta platja en quant a formacions d'aquestes característiques.

## **2.6. SISTEMA DUNAR D'ES COMÚ DE MURO**

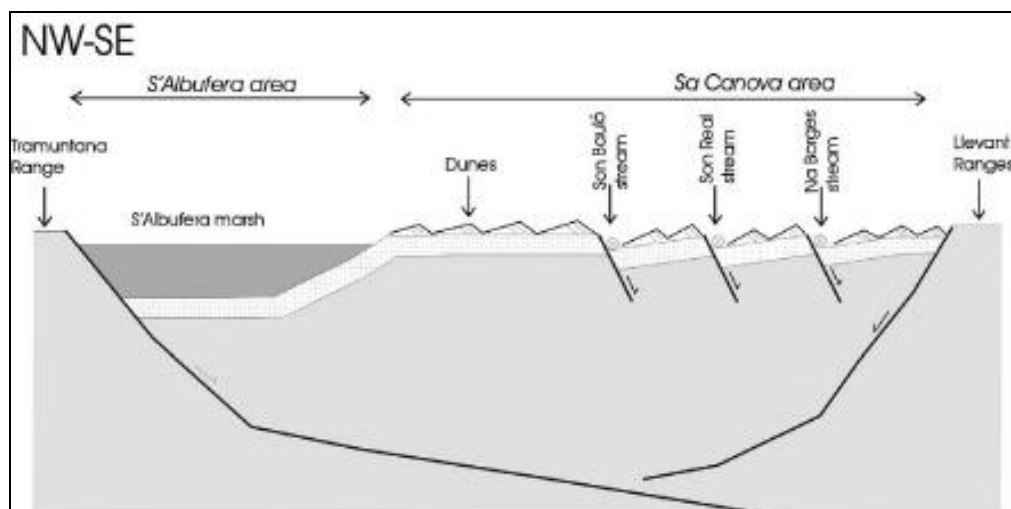
Aprofitant el treball de Servera (1997), es defineix el sistema dunar d'es Comú de Muro. L'actual fragment dunar forma part del que Rosselló (1975) defineix com a restinga dunar, amb una amplada que es situa al voltant dels 400 metres i on el marge continental està ocupat per s'Albufera de Mallorca (Figura 63). L'ocupació urbanística d'aquesta restinga ha provocat modificacions de calat que han transformat fisiogràficament, i fins i tot dinàmicament, aquest litoral. Així és com tan sols el sector el qual estudiem manté, dintre de les possibilitats que les condicions actuals li permeten, les característiques morfològiques típiques d'aquests ambients.

Actualment el sistema s'organitza a partir de tres cordons diferents, tots ells disposats de manera paral·lela a la costa, amb formacions dunars holocèniques que integren una superfície aproximada als 1,3 km<sup>2</sup>. Pel que fa la seva situació, tot i la dificultat per definir quins són els límits a la part septentrional – degut a la zona de transició que suposen ses Casetes des Capellans –, aquest queda emmarcat dins el quadrant definit per les següents coordenades:

- Nord est:  $39^{\circ} 47' 12.32''$  N /  $3^{\circ} 07' 50.86''$  E
- Nord oest:  $3^{\circ} 47' 08.62''$  N /  $3^{\circ} 07' 37.70''$  E
- Sud est:  $39^{\circ} 46' 33.13''$  N /  $3^{\circ} 08' 31.33''$  E
- Sud oest:  $39^{\circ} 46' 25.61''$  N /  $3^{\circ} 08' 22.72''$  E



**Figura 63:** Al sistema d'es Comú avui encara es pot apreciar la seqüència seguida pel model de sistema platja-duna a les Balears. Tot i que al llarg dels darrers decennis aquest sistema ha rebut impactes importants en tant al seu estat de conservació, encara es poden diferenciar els distints cordons dunars.



**Figura 64:** Esquema estructural NO-SE de la badia d'Alcúdia – sense escala – (Servera *et al.* 2009).

Com ja remarcàvem en apartats anteriors (veure **2.3.1.**) el sistema dunar d'es Comú es localitza en una zona de subsidència, la mateixa que dóna lloc a s'Albufera de Mallorca (Figura 64). Tot i que la història evolutiva d'aquesta encara no està del tot aclarida, sembla cert que hi ha hagut un seguit d'episodis de sedimentació que han afectat la seva fisonomia actual. En el seu conjunt, aquests episodis de sedimentació han afavorit, almenys en la part central i oriental de la zona humida, l'enfonsament, relacionant-se també amb la cubeta de subsidència del pla de sa Pobla, la qual no deu ser aliena a la tectònica del massís de Son Fe. Aquesta evolució tectosedimentària, junt amb els moviments eustàtics del nivell de la mar, han d'haver donat lloc a formacions de restingues pretèrites amb una localització diferents a l'actual – per exemple les dunes rissianes del promontori de ses Puntes –. Pel que fa a l'actual, tots els factors apunten a un origen Holocè (Servera, 2004).

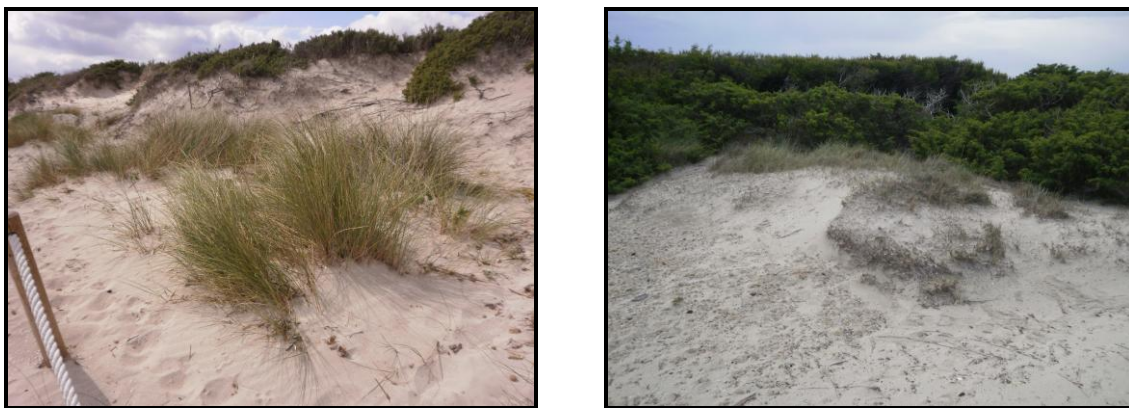
Obviant la caracterització de la platja alta, ja definida a l'apartat anterior (veure **2.5.**), el sistema dunar en qüestió es pot dividir en dos sectors: *foredunes* o dunes davanteres, i el camp dunar, on es poden diferenciar les dunes mòbils o semiestabilitzades i les dunes estabilitzades.

### **2.6.1. Les *foredunes***

S'hi entenem per *foredunes* les endoformacions arenoses que neixen i es desenvolupen a primera línia dunar, en aquest cas, i a l'igual que passa en altres sistemes dunars arreu de Mallorca, se'n fa difícil la seva identificació. La pressió antròpica que ha sofert la platja d'es Comú i el seu adjacent sistema dunar, des de dècades enrere, ha provocat que aquestes formacions hagin minvat considerablement, enrederint la seva posició, no podent-se considerar avui com un sector estructurat. La tendència seguida als darrers anys crida a l'esperança, ja que es poden observar petites acumulacions arenoses entorn exemplars corresponents a vegetació psammòfila, encapçalada pel borro – *Ammophila arenaria* –, i d'altres espècies tals com *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, *Lotus cystisoides*, *Sporobolus pungens*, etc. Aquestes formacions es disposen paral·lelament al front dunar, entre el



cordó dissuasori instal·lat per la *Demarcació de Costes* a l'any 2008 i la paret dunar, així com també inserides dins els canals de deflació o *blowouts* (Figura 65), que degut el dinamisme del vent com agent de transport sedimentari, assoleixen el comportament propi de primera línia.



**Figura 65:** Formacions arenoses embrionàries al sistema dunar d'es Comú de Muro amb presència d'*Ammophila arenaria* (Hivern 2010).

Malgrat tot, no es pot afirmar que aquestes formacions conformin una estructura sòlida de *foredunes*, sinó que els exemplars d'*Ammophila arenaria* donen lloc a la formació de *nebkhas* o *shadow dunes* en forma aïllada o lleugerament agrupades.

La situació i estat de salut dels *foredunes* d'es Comú ha sofert canvis importants, i que ahora ens serveixen per determinar i definir l'evolució del sistema al llarg del temps. Servera (1997) postula que al 1973 encara existia una línia de *foredunes* contínua, seguint la part superior de la platja alta. No obstant afirma també que els canvis en els primers cordons de dunes vénen de més enrere, ja amb els intents de dessacació de la zona humida i la consegüent construcció de s'Oberta des Gran Canal. La construcció del Gran Canal al 1863 suposà la prolongació de dos espigons mar endins, perpendiculars a la línia de costa, provocant el seu reajustament, i també el de la línia de *foredunes* al llarg del sector nord de la badia d'Alcúdia. No obstant, amb el desenvolupament de la indústria turística i la consegüent massificació de la platja, l'alteració d'aquesta primera línia dunar ha estat exponencial. Si al pas indiscriminat dels usuaris li sumem les males pràctiques que al llarg d'anys s'han dut a terme en quant a la neteja de la platja, no és difícil trobar una explicació convincent pel que fa a la situació dels nostres dies.

La política actual, encapçalada per les actuacions que Demarcació de Costes de les Illes Balears està executant a la zona, semblen indicar l'interès que es té en recuperar, o si més no regenerar, aquesta primera franja dunar. Així, s'han instal·lat cordons de protecció entre la part superior de la platja alta i el sistema dunar en sí per tal d'obstaculitzar el pas dels usuaris de cap a l'interior i disminuir així la pressió exercida sobre aquests fràgils ambients. Aquestes actuacions, tot i que en ocasions no manifesten l'èxit esperat, estan facilitant el creixement i la colonització de la vegetació psammòfila herbàcia, característica d'aquests indrets i necessària per la formació de noves geomorfologies arenoses.

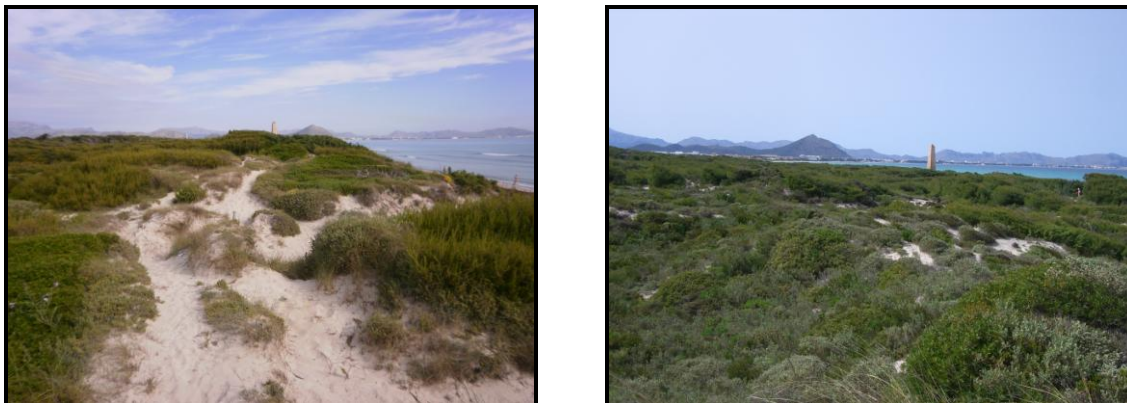
### **2.6.2. Dunes mòbils o semiestabilitzades**

Segons defineix Servera (1997), el sector de dunes mòbils a es Comú ocupa una franja que oscil·la entre els 200 i 300 metres d'amplària, transcorrent paral·lela a la platja i que va des d'aquesta fins al sector de dunes estabilitzades, de cap a més a l'interior del sistema. Les morfologies mòbils i semiestabilitzades ocupen una superfície que s'aproxima a les 40 hectàrees, organitzant-se en dos cordons. El primer, limítrofe amb la platja alta i que actualment presenta un gran nombre de formes erosives tipus *blowouts*, on hi predominen el que es coneixen com a *trough blowout* (Mir-Gual i Pons, en premsa) (Figura 66a). Aquets cordó, amb una regressió important des de la seva part frontal cap a l'interior, queda diferenciat del segon per una sèrie de depressions interdunars que s'organitzen en línia i de forma paral·lela a la línia de costa (Figura 66b). El segon cordó definit és el més ampli, diferenciat també per la seva major cobertura vegetal, principalment per *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* i *Pinus halepensis*.

El segon cordó definit és més ampli, delimitat per les depressions interdunars a la seva part davantera, i pel camp de dunes estabilitzades a la seva part posterior. No obstant, la frontera entre els dos cordons de dunes mòbils no és clara en determinats llocs, ja que degut a la tendència erosiva del sistema, algunes formes típiques del primer cordó



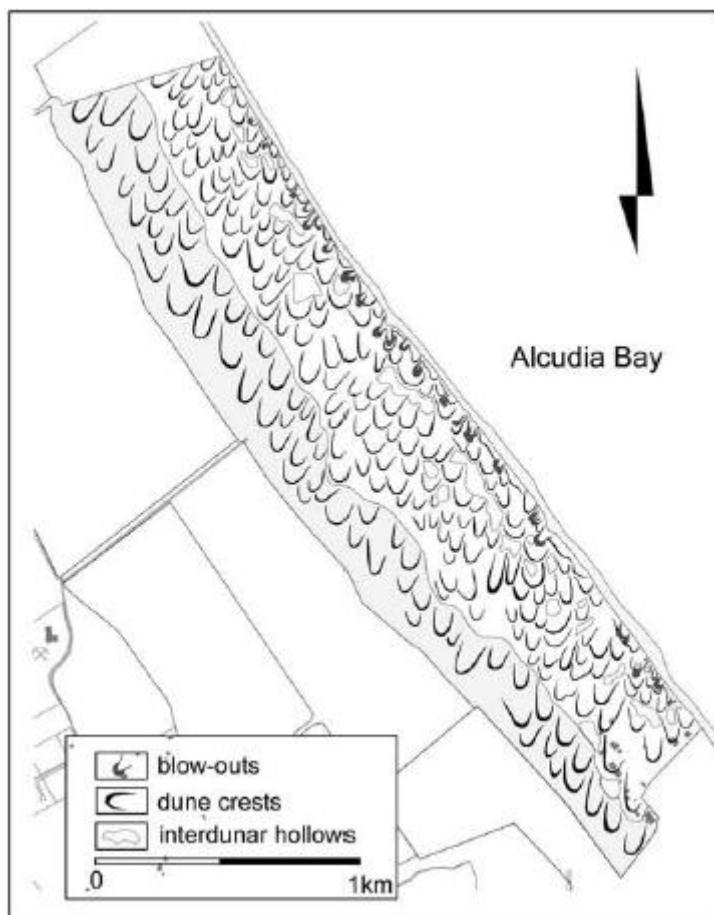
han anat progradant de cap a l'interior, sobreposant-se a les morfologies típiques del segons.



**Figura 66:** a) El primer cordó de dunes mòbils a es Comú de Muro es caracteritza pels signes de fragmentació que presenta, manifestat per formes erosives *blowouts* i per la degradació de la seva coberta vegetal, b) Els dos cordons de dunes mòbils es troben separats per una franja deprimida.

Les dunes mòbils a es Comú de Muro presenten morfologies parabòliques, forma que es dóna als cossos simples i també a les estructures compostes (Figura 67). La direcció predominant dels seus eixos centrals, al voltant del 59% de les morfologies, és entorn als 180° (Servera, 1997). Aquesta orientació posa de manifest la predominança dels vents que les formen, de component N, molt condicionats pel corredor topogràfic que queda entre el puig de Sant Martí i sa Talaia, al nord del sistema (Servera, 1997; Gelabert *et al.*, 2002; Servera *et al.*, 2009). Les dimensions que les dunes mòbils ocupen en planta en aquest sistema són d'uns 1.038 m<sup>2</sup>. Les formacions compostes definides per Servera (1997) són de tipus rampí – *en-echelon* – a la part més propera de la platja, i superposades – *superimposed* – i digitades – *digitate* – més a l'interior. En menor mesura també es pot observar alguna agrupació del tipus niu – *nested* –.

Les formes individuals o simples mostren una estructura amb cares d'*stoss* amb pendents suaus i cares de *lee* amb pendents d'equilibri força més remarcats. Les seves dimensions oscil·len entre els 3 i 10 metres a les seves parts afavorides, i n'és absent la litificació i estratificació en el seu sediment (Servera, 1997).



**Figura 67:** Cartografia del sistema dunar d'es Comú de Muro segons Servera *et al.* (2009).

Pel que fa al primer cordó definit, presenta nombrosos *blowouts* que es disposen perpendicularment a la línia de costa. La caracterització dels *blowouts* i *foredunes* es du a terme de forma extensa en el capítol 3, tot i que en termes generals, aquests esdevenen canals de deflació que amb la ajuda de la força i direcció del vent, provoquen el transport sedimentari des de la platja alta cap a l'interior. A part de les formes individuals, al llarg del front dunar es troben algunes zones degradades, que amb un alt grau de desestabilització, la seva caracterització es fa difícil. En casos com aquests no seria precís parlar de *blowouts* com a plataformes d'erosió individuals, sinó que seria més eficient considerar aquests indrets com a estructures de *blowouts* interconnectats (Mir-Gual i Pons, en premsa) (Figura 68).

Com ja hem apuntat en apartats anteriors (veure apartat **2.3.4.** i **2.3.4.3.**), la pressió antròpica que aquest sistema ha rebut des de decennis enrere ha vengut establint-se

com el seu principal agent desestabilitzador. Els processos erosius han suposat que els sectors més fràgils, com són els de dunes mòbils i *foredunes*, no puguin respondre amb l'eficàcia necessària a través dels seus mecanismes naturals, generant en molts casos un desequilibri difícil de corregir.



**Figura 68:** Mostra de l'alt grau de fragmentació en algunes zones del primer cordó de dunes mòbils.

### **2.6.3. Les dunes estabilitzades**

Aquestes són les que formen la franja més interna del sistema, avui interferida per la carretera Alcúdia-Artà (Ma-12), impeding aquesta la seva connexió natural amb la zona humida, situada a la seva part posterior. Aquestes morfologies es relacionen amb la primera pulsació de l'Holocè. A l'actualitat el seu dinamisme és inexistent ja que es troben plenament fixades i estabilitzades pel pinar – *Pinus halepensis* – (Figura 69).

Aquest sector està format per dunes que tenen una superfície en planta d'uns 1.913 m<sup>2</sup>, amb unes característiques morfològiques semblants a les del sector més mòbil. En

aquest cas, les tipologies de dunes compostes s'associen principalment al tipus superposat – *superimpose* –, digitades – *digitate* –, i en rampí – *en-echelon* –. Tot i la cobertura vegetal, avui encara es perceben sense gaire dificultat les morfologies ben definides, mantenint diferenciades la cara de sobrevent – *stoss* – de la de sotavent – *lee* – (Servera, 1997).



**Figura 69:** Imatge del interior del sistema dunar consolidat, amb fixació del *P.halepensis* (Hivern 2010).

Les diferències entre aquest cordó i els dos descrits anteriorment és totalment atribuïble al canvi respecte al dinamisme que es dóna en cada un dels subsistemes. A l'àrea de dunes estabilitzades la influència d'importants agents com el vent o les onades n'és, en molts casos, inapreciable pel que fa a la modificació de les seves morfologies.

No obstant, no hi ha diferència respecte a la pressió antròpica abans descrita pel sector de dunes davanteres o mòbils. La pressió de l'home sobre aquest indret comença cap al segle XIII, amb la reconquesta de Mallorca i la proliferació de les terres comunals. Més a l'actualitat, aquesta zona durant molts anys ha estat un emplaçament



paradigmàtic pel que fa a les activitats d'oci i esbarjo. Així, activitats com els picnics o càmpings van ser durant molt temps pràctiques comunes en aquest indret, derivant-ne una fragmentació considerable en el seu interior. De la comparació entre el fotograma de 1973 i el de 2008 se'n percep visualment un clar augment de la fragmentació del sistema manifestada amb l'obertura de nous camins (Figura 70). A més, alguns incendis forestals han afectat la cobertura vegetal de la zona, reactivant processos erosius i de dinamisme dins d'aquest tercer sector (veure apartat 2.3.4.1.2.)



**Figura 70:** S'aprecien els camins actuals existents, després de l'actuació que la Demarcació de Costes va fer al 2009. No obstant, i amb una traça més fina, es veuen els camins que, amb el pas dels anys i l'associada pressió antròpica, s'han anat creant. El tancament de camins dins el sector consolidat du en sí una notable recuperació de la seva coberta vegetal, principalment la referida a sotabosc.

## 2.7. LA ZONA HUMIDA. S'ALBUFERA DE MALLORCA

S'Albufera de Mallorca, avui protegida sota la figura de Parc Natural, es troba al situada al centre occidental de la badia d'Alcúdia, amb una extensió de 1.708,75 hectàrees (Figura 71). La topografia d'aquest indret és notablement plana – la major part del Parc es troba en cota 0 –, sols amb l'excepció que suposen les dunes litorals.

Pel que respecta a la profunditat de les aigües, la seva mitjana es mou entorn als 0,6 metres, tot i que en alguns canals es poden trobar màximes que oscil·len entre els 2-2,5 metres. Tornant als límits, aquests han variat molt en èpoques històriques. En els moments de major inundació al llarg dels darrers 10.000 anys, la zona humida va arribar fins a l'amfiteatre romà d'Alcúdia, a es Murterar i, darrera Son Fe, per on ara passa la carretera Alcúdia-Palma.

Si bé les modificacions de la seva extensió per causes naturals ha estat palesa al llarg de segles, els darrers canvis ja no són deguts a processos naturals, sinó que estan fortament lligats a la mà de l'home. Ja des del segle XVII es començaren amb les aspiracions de dessecació de s'Albufera, que s'allargaren fins ben entrat el segle XX. Més recentment, el desenvolupament urbano-turístic de la restinga litoral ha condicionat també el seu devenir (veure apartat **2.3.4.3.**)



**Figura 71:** Fotografia aèria de s'Albufera de Mallorca.

L'origen de s'Albufera està totalment lligat al seu entorn, i el seu coneixement al dels fenòmens geològics i hidrogeològics que han donat lloc al seu establiment. La caracterització d'un espai com aquest es fa realment complexa, no tan sols per la seva dificultat biogeogràfica intrínseca, sinó també per la gran quantitat d'autors que han destinat els seus esforços a fer-ho abans (veure apartat **1.1.3.**).

Seguint les consideracions de Massutí *et al.* (2005) s'Albufera és un dels principals accidents geomorfològics de Mallorca, i la seva formació és conseqüència directa dels processos geològics que han format l'illa. La consolidació de Mallorca com a terra emergida és relativament recent, datant-se en uns 18 milions d'anys enrere. Però d'aquell moment a l'actual el perfil de costa ha rebut canvis substancials, provocant alternativament inundacions de terres baixes, entre elles s'Albufera, tal volta com el cas més paradigmàtic de l'illa.

S'Albufera de Mallorca com a medi físic és un sistema aquàtic costaner sotmès, per una part, a la influència d'una petita conca insular i, per l'altra, a la dinàmica climatològica de la Mediterrània Occidental, representant una frontera dominada per les comunitats aquàtiques macrotífiques (Martínez-Taberner i Mayol, 1995). Aquesta queda inclosa dins la Unitat del Pla de Sa Pobla, dominada per materials sedimentaris quaternaris. El fet de ser una Albufera mediterrània l'hi atribueix un cert grau de peculiaritat. Deguda la seva localització geogràfica, l'efecte mareal és insignificant, i en aquest fet hi trobem una de les principals característiques.

Des del punt de vista hidrogeològic, la zona humida deu la seva existència a les aportacions hídriques continentals. Aquestes tenen tres orígens que podem diferenciar. En primer lloc els torrents, destacant les aportacions dels torrents de Sant Miquel i el de Muro, que suposen entre 20 i 40 Hm<sup>3</sup>/any. Esporàdicament es poden enregistrar aportacions d'altres torrents de menor calat com són el de Ca Na Lloreta i el de Cas Biscai. La segona font hídrica passa per les aportacions dels ullals o surgències d'aigua que neixen del subsòl, que són principalment els punts de descàrrega dels aqüífers de Sa Pobla. I la tercera font d'aigua és la que prové de la zona marina, entrant per s'Oberta. Aquestes entrades no estan quantificades, deguda la seva variabilitat, tot depenent de les "plenes" de mar i de la seva recurrència.

Degut a la seva condició ecotònica entre l'àmbit marí i terrestre, els espais albuferencs van íntimament relacionats amb els espais litorals. En el cas de les Balears, com a denominador comú a totes les albuferes es té la presència d'una restinga arenosa o de còdols que tanca la connexió amb la mar oberta. El gradient suau del subsòl de la zona

permet acumular a la mar el sediment que mobilitza abans d'arribar a la línia de costa. Progressivament, l'acreció de la restinga individualitza un toll interior on les aigües són parcialment salades deguda la infiltració d'aigua, marina per sota la restinga, i parcialment dolça conseqüència de les aportacions hídriques continentals. Les aportacions superficials dels torrents no es limiten al manteniment de la superfície d'aigua a la zona humida, sinó també al rebliment de sediment a l'espai albuferenc, convertint les vores més internes en marjals i aiguamolls (Servera, 2004).

Sens dubte, els esdeveniments naturals, les seves característiques biogeogràfiques, i les mesures de gestió aplicades des de l'any de la seva declaració com a Parc Natural, fan que avui, s'Albufera de Mallorca es pugui considerar com el punt de major biodiversitat arreu de les Illes Balears. La vegetació està determinada per dos elements decisius, com són l'aigua i la sal. No obstant, l'acció antròpica sobre la flora també és prou coneguda, ja que l'home, a través de les seves intervencions, ha afectat notablement el seu paisatge florístic. A part de la seva flora, la diversitat faunística és també un dels elements que més caracteritza aquest espai, destacant sobretot el paper dels invertebrats i dels ocells.

Com ja ha quedat reflectit a l'apartat d'antecedents, la gran riquesa biològica i ecològica de s'Albufera de Mallorca ha fet que avui aquest sigui un dels espais més estudiats i analitzats de la nostra comunitat. Tot i que existeixen infinitats de documents tècnics al respecte (veure apartat **1.1.3.**), algunes en són les obres que, des d'un punt de vista transversal, poden donar una visió general del què és s'Albufera avui, i del que va ser en el passat (Martínez-Taberner i Mayol, 1995; Riddiford, 2002; Massutí *et al.*, 2005; Owens i Vicens, 2009)



### **CAPÍTOL 3. OBJECTIUS, MÈTODES I RESULTATS**

---

L'execució d'una tasca investigadora s'articula a partir d'uns objectius bàsics, que traçats per unes línies conceptuals prioritàries, s'intenten aconseguir a través de mètodes i aplicacions, bé al camp o bé al propi laboratori. La variabilitat del litoral com espai, i la gran quantitat de factors que hi interactuen, fan que les tècniques metodològiques dins aquest àmbit siguin no tant complexes i sofisticades, sinó precises i eficients a l'hora de poder aconseguir uns resultats que compleixin amb les expectatives dels objectius establerts.

#### **3.1. OBJECTIUS**

Una de les primeres passes que s'hauria de donar en tant a la gestió de platges passa pel canvi de la percepció que sobre aquests espais té la societat en general, però sobretot els agents gestors que influencien sobre ell. El present treball s'articula amb aquesta premissa. Les platges no han de ser vistes només com un espai generador de divises, sinó que abans de tot han de ser considerades per la seva vulnerabilitat i complexitat com a sistema. Tal i com ja han postulat diversos autors en diferents estudis, i partint de les divergents característiques entre platges (Juaneda i Roig-Munar, 2002; Roig Munar, 2003; Roig Munar i Comas-Lamarca, 2005), el coneixement transversal d'aquests ambients hauria de ser el pilar sobre el qual s'articulés la gestió i les actuacions executades.

Les platges arenoses a les Balears, a l'igual que el que ocorre a les platges estudiades, es presenten com espais bipolars en quant a la seva utilització i percepció. La seva funcionalitat antròpica es limita als mesos d'estiu, mirant cap als seus interessos turístics i econòmics, i sobreexplotant les seves capacitats naturals. Si bé algunes actuacions ja fetes avui assoleixen un caràcter irreversible, la gestió actual hauria d'assumir una visió de més perspectiva, avortant major transversalitat. Ens referim així, no tan sols a les tècniques utilitzades, sinó també a la consideració de l'espai "platja" a escala temporal.

És d'aquesta reflexió d'on neixen els objectius estructuradors de la tasca que es presenta, i que partint d'ells, es pretén contribuir al canvi de mentalitat sobre aquests sistemes i millorar, a partir de propostes, les actuacions i les tècniques de gestió aplicades.

### **3.1.1. Objectius principals**

- a) Comprendre el funcionament i la dinàmica litoral en costes arenoses. Al llarg de la present tasca ja s'ha fet esment en nombroses ocasions a la complexitat que aquests ambients tenen associada. La correcta interpretació i comprensió de cada un dels agents i factors que hi intervenen, és fonamental per tal d'entendre el seu funcionament i comportament, així com també en tant a la capacitat per fer front als dubtes i qüestions que van sorgint en el camí de la investigació. La perceptible ximplesa d'aquest primer objectiu es pot comparar amb la seva imprescindible necessitat a l'hora de dur a terme un treball d'aquestes característiques, ja que serà el que ens construirà les bases per poder dur a terme qualsevol experiment o tasca al camp. Partint d'aquesta reflexió, aquest primer punt serà el que ens farà conèixer quins són els factors implicats i els agents que intervenen en el modelat del litoral a nivell general, les característiques que identifiquen els diferents tipus de costa, la diferenciació entre els agents mecànics – els canvis en el nivell de la mar, l'onatge, els corrents litorals, el vent o la gravetat – , els agents químics, els agents biològics – amb la importància derivada de les praderies de *P.oceanica* – , la importància del tipus de sediment i el seu origen, les modificacions degudes a les pràctiques de caràcter antropogènic, el funcionament dels sistemes platja – duna, les seves parts diferenciades – *nearshore* o platja emergida, *foreshore* o zona intermareal, *backshore* o platja alta –, o tipologia i funcionament de dunes, evolució dels sistemes dunars, entre altres.
- b) Conèixer la situació i la dinàmica litoral de la badia d'Alcúdia. Com és evident s'han de potenciar els coneixements sobre la zona estudiada, i conèixer amb precisió quines són les pautes i les característiques que aquesta presenta. S'estableix així com a objectiu principal estudiar a fons quin és el

comportament de la dinàmica litoral a la badia d'Alcúdia, ja que d'aquesta se'n explicarà la morfologia i fisonomia del sector estudiat. A part de les característiques estrictament climàtiques a la zona – caracterització de les pautes tèrmiques i pluviomètriques –, és imprescindible el coneixement sobre els règims de vent principal, la seva orientació i força, l'onatge local predominant a la badia, amb l'anàlisi de la sèries mitjanes d'orientació i altura, i els tipus de corrents marins i la seva direcció. Només amb el coneixement d'aquestes variables estarem en condicions de valorar i caracteritzar correctament la morfologia litoral del sector estudiat i les variacions temporals.

- c) Analitzar de manera transversal el sector d'estudi Can Picafort – es Comú de Muro. Les característiques socioeconòmiques que des de dècades enrere han caracteritzat les platges estudiades han fet que avui aquestes, tot i ser limítrofes una amb l'altra, presentin característiques substancialment diferents. Si des del punt de vista socioeconòmic els impactes rebuts s'allunyen d'un cas a l'altre, no manco ha estat la diferència a nivell de conservació i preservació del medi natural i originari. A dia d'avui, la fisonomia que presenten ambdós sectors es caracteritza per les seves diferències, potenciades bàsicament per les tendències socials i econòmiques seguides al llarg de les darreres dècades. Això obliga doncs a que, per tenir un coneixement transversal de la zona, s'identifiquen les pautes seguides en cada un dels indrets, i la intensitat amb les que aquestes s'han donat. Per això es creu convenient en la present tasca conèixer en profunditat quin camí ha seguit el sector natural d'es Comú de Muro, des del segle XIII establert com a terres comunals, fet que ha condicionat la seva evolució en el temps, així com també ho feu la seva incorporació dins els límits del Parc Natural de s'Albufera, al 1988. No obstant, la seva proximitat a nuclis turístics de primer ordre a nivell insular – Can Picafort i platges de Muro – ha fet que no n'hagi estat absenta la petjada del turisme sobre el seu estat de conservació, aportant també impactes de calat que han afectat la seva fisonomia, sent avui alguns dels responsables que expliquen la situació de la zona. La determinació i valoració d'aquests impactes, així com també la seva evolució en el temps, serà part imprescindible d'aquest objectiu, tot per assolir un coneixement complet a l'hora de caracteritzar la zona i poder tenir una base

conceptual sòlida per a futures propostes. Aquest reconeixement haurà de ser profund en tant als aspectes socioeconòmics, ecològics i físics.

### **3.3.2. Objectius derivats**

- a) Analitzar la variació de la línia de costa a microescala (anual-estacional) del sector estudiat. Sembla a ser que la percepció de la societat en general i dels gestors sobre les platges arenoses a les Balears és força abstracta. La transformació d'aquests espais com a generadors econòmics i com a base operativa per l'oferta de serveis diversos, ha fet que amb els anys la seva tolerància es limiti tan sols als mesos de temporada alta, convertint-se en espais oblidats la resta dels anys. La variabilitat d'aquests ambients però, no entén de temps ni de mesos, sinó que seguint les pautes marcades per la seva dinàmica litoral, així com també pels impactes generats per esdeveniments climatològics – tempestes de mar –, fan que els canvis morfològics siguin continus i amb un alt nivell de recurrència. No obstant, aquesta variabilitat no es té en compte a l'hora de prendre decisions en quant a la seva gestió, fet que es demostra temporada rere temporada a l'hora de preparar les platges de cara a la comoditat dels seus usuaris. Amb aquesta situació doncs, es pretén mostrar científicament com aquesta variabilitat és certa i pronunciada. L'objectiu passa per mostrar quin és el comportament de la línia de costa en una escala temporal reduïda – un any –, i donar compte així de que la dinàmica litoral hauria de ser la condicionant de la morfologia del *backshore* al llarg de l'any. Endemés, també es pretenen mostrar les diferències que es produeixen en funció de l'actuació antròpica en aquests ambients, a fi de distingir les característiques presentades per una platja urbana i una natural.
- b) Conèixer la forma adoptada pels perfils de platja en diferents temporades. Tot i que la visió general dels sectors estudiats ens pot aproximar força a la variabilitat de la qual parlem, l'anàlisi de transsectes fets *in situ* sobre les platges objecte d'estudi ens permetrà veure amb més precisió quina és l'escala real d'aquestes variacions. La variabilitat de les platges arenoses, amb èmfasi sobre aquelles que es veuen especialment afectades per l'afluència antròpica,

mostren una pauta bidimensional, és a dir, varien en longitud i en desnivell. La comparació entre perfils ens permetrà saber quina és la fisonomia adoptada per les platges estudiades en cada una de les èpoques de l'any, donant-nos així informació suficient per poder assolir un cert valor explicatiu. Es pretén doncs amb aquest objectiu recopilar en tasca de camp informació suficient que ens permeti representar gràficament els perfils de les platges de Can Picafort i es Comú de Muro, a més de donar-nos l'oportunitat de poder extreure variables quantitatives d'importància per entendre el funcionament i les característiques principals del sector que ens ocupa.

- c) Conèixer els volums sedimentaris de les platges estudiades. Íntimament relacionat amb l'anterior, l'assoliment d'aquest objectiu vendrà determinat pels resultats obtinguts amb els perfils de platja. El fet de que les platges es caracteritzin per una variació bidimensional fa que automàticament el seu volum sedimentari es modifiqui al llarg de l'any. Creiem de la importància que aquesta variable pot assolir, sobretot si es vol relacionar amb les pautes que es segueixen al llarg dels mesos estivals per una banda, i pels mesos hivernals per l'altra. La massificació d'aquests espais, formats per sediments carbonatats molt poc cohesius, fa que la distribució de les arenes s'alteri amb facilitat, sobretot a les zones properes a la línia de costa – *swash* –. D'altra banda, factors naturals com poden ser les tempestes de mar, també poden provocar variacions de calat en quant al volum sedimentari en moments determinats. Així, amb aquest objectiu es pretén establir una relació explicativa directe entre la tendència sedimentària dels perfils i el seu dibuix topogràfic.
- d) Diferenciar la morfologia dels perfils assolits entre la platja urbana i el sector natural, i la temporada hivernal i estival. És sabut que la variabilitat de les platges arenoses depèn bàsicament de dos factors principals. En primer lloc de la massificació de la superfície arenosa, mentre que en segona instància hi té molt a veure la dinàmica marina que carrega la seva energia sobre el sector emergit. Així, el primer que es considera oportú i necessari és intentar definir les possibles diferències de comportament entre l'escenari característic de la platja urbana de Can Pifacort enfront al què succeeix al sector més natural de es Comú. Les diferents tendències de massificació antròpica, així com també de

les mesures de gestió practicades, ens inciten a pensar a que poden haver-hi diferències associades, fet que ens ajudaria a corroborar els divergents comportaments a platges arenoses en funció del seu grau d'antropització. En segon lloc, les condicions marines que afecten el litoral, dutes a la màxima expressió a través de l'onatge, assoleixen comportaments substancialment diferents entre l'estiu i l'hivern. Aquest fet fa que l'energia dipositada per l'onatge sobre el *backshore* sigui major en temporada hivernal, mesos on les tempestes de mar són més recurrents. Partint d'aquesta premissa es creu oportú veure les diferències que hi pot haver entre les distintes estacions de l'any, sobretot relacionant-les amb els dos agents esmentats.

- e) Conèixer i identificar paràmetres causats per la dinàmica litoral. Del treball de camp realitzat, les observacions *in situ* sobre el terreny també poden ser substancials a l'hora de conèixer més paràmetres identificatius sobre el comportament d'aquests ambients. Si fins el moment la informació assolida una dimensió principalment quantitativa, algunes variables qualitatives també poden projectar certa importància. Amb aquest objectiu doncs pretenem identificar alguns factors que, des de la seva perceptible ximplesa, poden esdevenir importants en l'anàlisi d'aquests ambients. Amb aquestes observacions es pretén identificar la distància del punt *swash* en cada dia de mostreig i perfil, identificar si hi ha restes de temporals de mar, si existeixen escalons arenosos al *backshore*, si en algun moment del transsecte hi ha *ripples*, identificar l'existència o absència de gandules i para-sols, o de traces de roda de maquinària pesada, entre d'altres.
- f) Conèixer l'efecte i la distribució de les bermes de *Posidonia oceanica* a la platja alta. La importància d'aquesta fanerògama mereix un objectiu especial pel que fa al coneixement de les platges arenoses a les Balears. La rellevància que aquesta planta marina té sobre la fisonomia i naturalesa de les nostres platges és tan important com imprescindible. La seva funció no és limitada tan sols a ser la font principal de sediment, sinó també a la seva capacitat defensiva vers a l'erosió de la línia de costa. L'augment de rugositat que suposen les praderies en el sector proximal de la platja emergida, suposa un mecanisme notablement òptim pel que fa a la disminució de la força i energia projectada

per l'onatge, fet que suposa una menor agressivitat quan aquest descarrega sobre la berma. Partint d'aquesta importància, i basant-nos en el que ja han afirmat Roig Munar (2001; 2004) i RoigMunar i Martín-Prieto (2005), es pretén identificar el comportament de les banquetes de *Posidonia oceanica* al llarg del sector estudiat, no tan sols en quant a la seva distribució estacional, sinó també en quant a la seva magnitud i efectes sobre la seva retirada.

- g) Analitzar granulomètricament el sediment a la platja alta o backshore. Posat que el coneixement exhaustiu de la platja a la zona d'estudi es postula com un dels pilars a sobre dels quals s'articularà la tasca que es presenta, es creu oportú indagar també sobre les característiques granulomètriques de sediment. Tot i que ja hi ha algun estudi que ha tractat temes semblants (Servera, 2002), poques en són les referències que especifiquin amb precisió les característiques granulomètriques de l'arena que formen les platges estudiades. Així es pretén establir una metodologia que ens permeti conèixer la morfologia sedimentària tot incidint amb les seves peculiaritats. Amb tot, la fita passa per estimar les possibles diferències, no tan sols entre perfils distints, sinó també els patrons granulomètrics seguits al llarg de cada un dels transsectes.
- h) Caracteritzar el front dunar de es Comú. Una de les principals característiques que avui reflecteixen els sistemes dunars a les Balears és el nivell de fragmentació al seu front. La manca de mesures de gestió en molts casos, i la sobreexplotació soferta per les platges balears, han fet que avui els signes de degradació presentats pel fronts dels sistemes dunars siguin dignes de considerar. El cas de es Comú no deixa de ser un exemple a tenir en compte, ja que, tot i mantenir una estructura identificable del model de sistema platja-duna, la pressió antròpica rebuda al llarg de l'any fa que, avui, el seu front dunar presenti signes de degradació i retrocés important. Aquest fet, perceptible a nivell visual, va ser el que va dur a plantejar-se com a objectiu a tenir en compte la caracterització de la primera línia de dunes, tot incidint en les formes erosives *blowouts*, i amb l'estat de conservació de la primera línia, amb la desaparició de *foredunes* i la recurrent exhumació d'arrels de ginebró. Així, a fi d'aconseguir el plantejat, es pretén establir una exhaustiva

caracterització d'aquestes formes erosives, duent a terme la seva identificació, georeferenciació, caracterització granulomètrica, i descripció de les seves característiques ecològiques.

La caracterització del front dunar vol donar lloc a la quantificació, a través de variables, del grau i nivell de fragmentació de la primera línia. Les formes erosives *blowouts* són l'indicador més valuós i eficient per tal de valorar aquestes variables, ja que la seva recurrència al llarg del front dunar és suficientment considerable com per establir una sèrie de mostreig fiables a l'hora d'obtenir uns resultats contundents i explicatius.

A part de la identificació de les formes erosives que donen lloc a la fragmentació del sistema, es pretén establir, a partir del que postula Hesp (2002), una classificació en funció de la morfologia adoptada en cada cas. La forma en planta i l'àrea de cada *blowout* s'han utilitzat com a les variables principals per establir-ne aquesta diferenciació. S'ha aconseguit una classificació de formes *blowouts* al sistema d'es Comú de Muro vàlida per extrapol·lar-la en un futur a altres sistemes dunars de les Balears.

- i) Descriure les característiques ecològiques de la primera línia dunar. L'alt grau de fragmentació de la primera línia al sector estudiat ha fet que des de fa uns anys s'hagin instal·lat cordons dissuasoris per tal d'interferir el pas dels usuaris de cap a l'interior, i a la vegada, recuperar-ne les seves condicions naturals. En els cas d'es Comú, aquestes instal·lacions foren executades per la Demarcació de Costes a l'any 2008, estenent-se al llarg de tot el seu front dunar, des de les platges de Muro fins a la platja de Can Picafort. Partint d'aquesta observació, es postula com a objectiu veure quines són les condicions ecològiques en aquests ambients avui dia, per a intentar enregistrar també la seva evolució en un futur. Per aquesta tasca s'ha establert un inventari de les espècies vegetals existents a la zona estudiada i esbrinar quin paper poden arribar a tenir aquestes en tant a la creació i posterior evolució d'incipients formacions arenoses. A més, s'han caracteritzat les associacions entre espècies més comuns, així com també el nivell de presència i de recurrència de cada espècie.



Aquesta tasca s'ha realitzat, per una banda amb la vegetació herbàcia, i per l'altra amb la llenyosa – arbustiva.

- j) Conèixer l'estat de conservació del sistema dunar consolidat, i del bosc de pinar. El pinar d'es Comú de Muro, que aflora sobre el sector de dunes consolidades, ha estat un indret on, des de segles enrere, la mà de l'home hi ha estat present. Primer amb l'explotació comunal de les seves terres – des del segle XIII –, i més recentment amb la petjada de la indústria turística, els signes de degradació han estat una constant en el seu devenir i evolució. Per aquest objectiu passa esbrinar, a través de la comparació en fotografia aèria, quina ha estat l'evolució interna al llarg de les darrers dècades, així com esbrinar l'evolució del bosc de *Pinus halepensis* a través de mostrejos i estimacions.
- k) Proposar i defensar mesures de gestió sostenibles amb el medi. Com ja s'ha afirmat al començament d'aquest epígraf, pot ser una de les primeres passes que s'haurien de prendre en consideració és el canvi de percepció en tant aquests espais, i per tant també, les mesures de gestió aplicades. No obstant, per una bona gestió és imprescindible una reconeixent previ de la zona en qüestió, havent tractat cada una de les seves característiques principals, així com els agents i factors que hi intervenen. És així que, un cop assolits els objectius anteriors, aquest és el darrer pas per assolir l'objectiu principal del treball que es presenta. Amb el coneixement profund i transversal de la zona, es pretén establir un llistat de propostes de gestió que, des del punt de vista de la sostenibilitat, permeti un equilibri favorable pel funcionament natural del sistema, i també per l'aprofitament dels usuaris, aconseguint d'aquesta manera un equilibri entre ambdues parts, sempre beneficiós per l'espai estudiat.

### **3.2 MATERIALS I MÈTODES**

La consecució dels objectius anteriorment exposats ve precedida per l'establiment de metodologies útils, eficients i científicament potents a fi d'aconseguir la informació necessària que, una vegada processada i analitzada, ens verifiqui a través de resultats l'obtenció de cada un dels objectius planejats.

La recerca i consulta bibliogràfica ha estat el fil articulador pel que fa al desenvolupament dels dos primers capítols. El coneixement i la introducció a la temàtica d'estudi va estar avalada per una acurada recerca bibliogràfica relacionada, i a on, a través d'una detinguda consulta, es potenciaren els coneixements sobre l'espai litoral com a sistema, sobre els agents i factors que hi intervenen, la diferenciació sobre tipus de costa, la seva situació actual, les condicions necessàries pel seu òptim funcionament, els atemptats antròpics soferts, etc. A nivell de geomorfologia general, aquesta consulta es va materialitzar en unes quantes obres de referència (Bird, 1996, 2008; Davis, 2004; Kay i Alder, 1999; Pethick, 2001), que ofereixen una visió acurada de la realitat de l'espai costaner, passant per cada una de les seves característiques i peculiaritats. No obstant, l'aproximació de la disciplina treballada a la realitat de les Illes Balears, s'executà a través de la consulta d'un seguit de llibres i articles (Barceló, 1980; Butzer, 1962; Fornós *et al.*, 2007; Gómez-Pujol i Pons, 2007; Martín-Prieto *et al.*, 2007; Massutí *et al.*, 2000; Rodríguez-Perea *et al.*, 2000; Roig Munar, 2001, 2003, 2004; Roig Munar i Comas Lamarca, 2005; Roig Munar *et al.*, 2006, 2009; San Felix, 2000; Servera, 1997, 2004). Aquests autors descriuen la geomorfologia litoral a les Balears, i la gestió duta a terme arreu de les costes baixes arenoses. La consulta pausada i minuciosa d'aquestes obres ha estat vital per a l'obtenció i potenciació de coneixements. L'abundància d'obres i publicacions articulades al voltant de la temàtica d'estudi, ha fet que de la informació disponible en fos possible establir-ne la metodologia de treball a fi d'articular els dos primers capítols que donen lloc a la tasca que es presenta.

Alguns altres treballs ens han permès aproximar-nos també a la realitat específica de l'àrea d'estudi (Basterretxea *et al.*, 2006; Gelabert *et al.*, 2002; Martín-Prieto i Servera, 2006; Servera, 2002, 2008; Servera *et al.*, 2009). Els altres coneixements sobre la zona es van completar amb la consulta de fonts directes. Sobretot pel que respecta les característiques socioeconòmiques de l'entorn, es dugueren a terme un seguit d'entrevistes personals a diferents agents, tals com els tècnics de medi ambient dels ajuntaments de Muro i Santa Margalida, presidents de l'Associació Hotelera de les Platges de Muro i l'associació de Can Picafort, o al personal del Parc Natural de s'Albufera. Finalment, la consulta de documents tècnics-administratius referents a les

concessions de temporada a les platges estudiades, i facilitats pels propis ajuntaments, van completar la tasca prèvia pel que fa als coneixements del sector estudiat (veure **2.3.4.1.3. i 2.3.4.2.**).

Un cop la recerca bibliogràfica precedent, el treball de camp ha estat el que ha permès generar tots els resultats presentats. Partint dels objectius marcats, s'han aplicat tot un seguit de mètodes a fi d'obtenir informació pròpia sobre el funcionament, dinàmica i caracterització de la platja urbana de Can Picafort i el sector platja-duna de es Comú de Muro. Així, per a l'obtenció dels objectius **3.3.2. a), b), c), d), e) i f)**:

S'han realitzat 6 perfils al llarg de la platja urbana de Can Picafort i la platja natural d'es Comú de Muro, la qual entra dins els límits que donen lloc al Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. Del total de transsectes, dos d'ells pertanyen a la platja urbana, un a la zona de transició entre sectors, i els tres que resten es localitzen de ple dins la franja classificada com a natural.

La determinació i geolocalització dels perfils s'ha dut a terme a través de GPS, model GARMIN Dakota 20 d'alta sensibilitat, a fi de localitzar amb precisió el punt de referència per a cada un dels perfils, i aconseguir així el mateix node de partida en cada un dels dies de mostreig. El treball de camp es dugué a terme al llarg d'un any sencer, amb una recurrència aproximada als dos mesos, i amb la finalitat de prendre mostres de perfils al llarg de les diferents estacions de l'any. Així es presenten dades preses als dies 13/06/2009, 27/08/2009, 30/01/2010, 27/03/2010, i 29/05/2010.

Les mesures a la platja, i prenent com a referència les teories defensades per Emery (1961), Delgado i Loid (2004), i Puleo *et al.* (2008), s'han dut a terme amb un pantòmetre de 1,5 x 1,5 metres (Figura 72), per tal d'obtenir així la informació necessària per traçar perfils bidimensionals amb eixos de longitud (x) i altura (y). El punt de referència que s'ha considerat en cada ocasió ha estat el punt d'inici de cada transsecte, bàsicament degut a la seva poca variabilitat (inexistent en el cas de la platja urbana, sent aquest punt el passeig marítim), i al gran dinamisme de l'altre possible punt de referència, la zona d'*swash*. La informació presa fou anotada en fitxes de

camp, on es constataven també variables qualitatives dels dies respectius, tals com l'existència de bermes de *Posidonia oceanica*, l'existència de *ripples*, de marques de temporals al *backshore*, la distància entre el punt de referència i l'*swash*, la presència o absència de barres submergides, o l'existència d'escarpaments arenosos en la platja alta, entre d'altres.

Per la medició dels graus de pendent s'ha utilitzat un calculador d'angles d'alta precisió, model Tajima SLANT 100, amb capacitat per establir i mesurar angles i inclinacions, i que junt amb el pantòmetre, ens han permès recollir el registre numèric de cada perfil en cada dia de mostreig, necessari per traçar els posteriors i definitius transsectes.

Posteriorment, la informació presa al camp ha estat processada sota els principis de Pitàgores i en la mesura que Puleo *et al.* (2008) indiquen. Així, la hipotenusa es fixa en 1,5 metres (equivalència entre les barres del pantòmetre), mentre que l'eix vertical es la mesura presa manco el nivell de la superfície plana ( $y - y_L$ ), i l'eix horitzontal ve representat per la distància entre la mesura actual ( $X_{i+1}$ ) i la mesura prèvia mesurada ( $X_i$ ) (Figura 72).

$$X_{i+1} - X_i = \sqrt{1 - (y - y_L)^2}$$

Del resultat gràfic, junt amb les fitxes de camp emplenades, les variables calculades s'expressen en:

- Variació de la pendent per cada perfil, entre el mínim i el màxim de la seqüència.
- L'existència de barres arenoses submergides i la seva distància amb la zona d'*swash*.
- L'existència de bermes de *Posidonia oceanica* i la seva distància amb la zona d'*swash*.
- Existència de restes de temporals al *backshore*, i la seva distància amb la línia de costa.

- Variació longitudinal del perfil, prenent com a referència el punt d'*swash*.
- Volum sedimentaris per perfils i dies de mostreig.

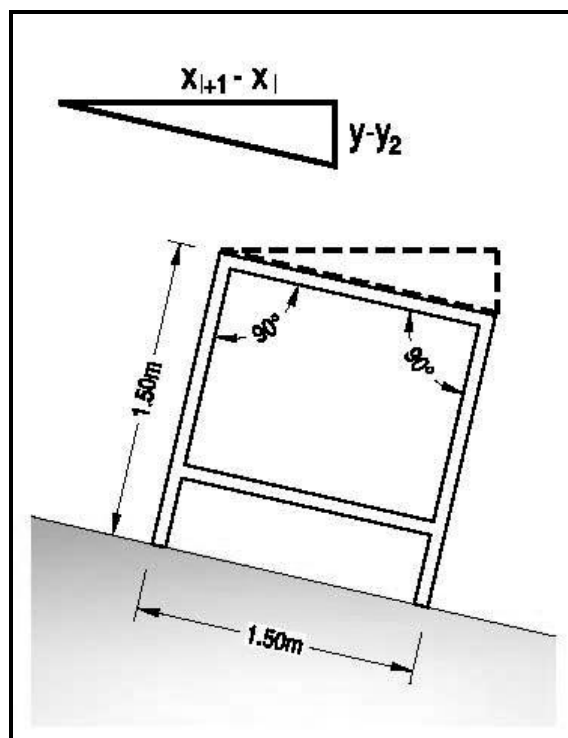
Pel que fa al càlcul dels volums d'arena presentats, i partint de la línia base de referència determinada, es calcula la superfície de la secció per trams verticals, cada un d'ells responnent a la suma d'un rectangle inferior més el seu triangle superior (per completar la superfície que resta fins la línia dibuixada pel perfil calculat) (Figura 73).

La superfície de cada triangle s'extreu de la diferència entre la base (x) multiplicada per l'altura (y), dividint-se entre 2.

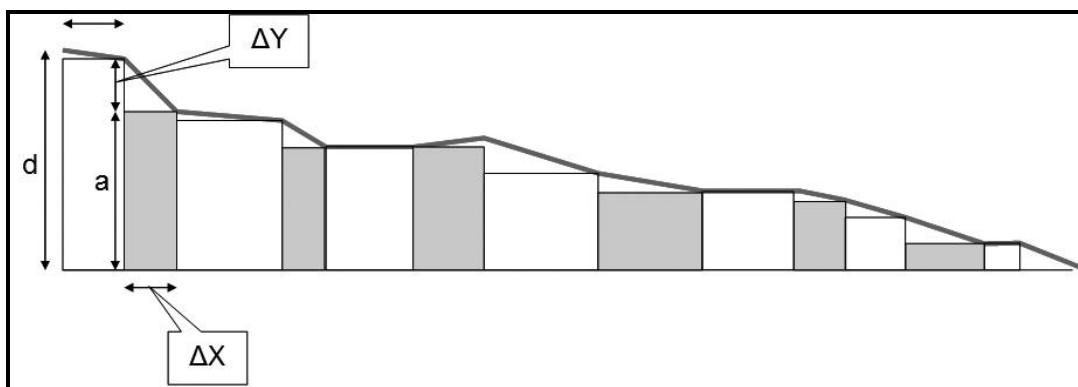
$$\Delta X * \Delta Y / 2$$

Mentre que en el cas dels rectangles, es calculen multiplicant la base del rectangle (x) per l'altura (a) del rectangle anterior, manco  $\Delta Y$ .

$$(\Delta X * a) - \Delta$$



**Figura 72:** Representació gràfica de la metodologia utilitzada en els perfils de platja.

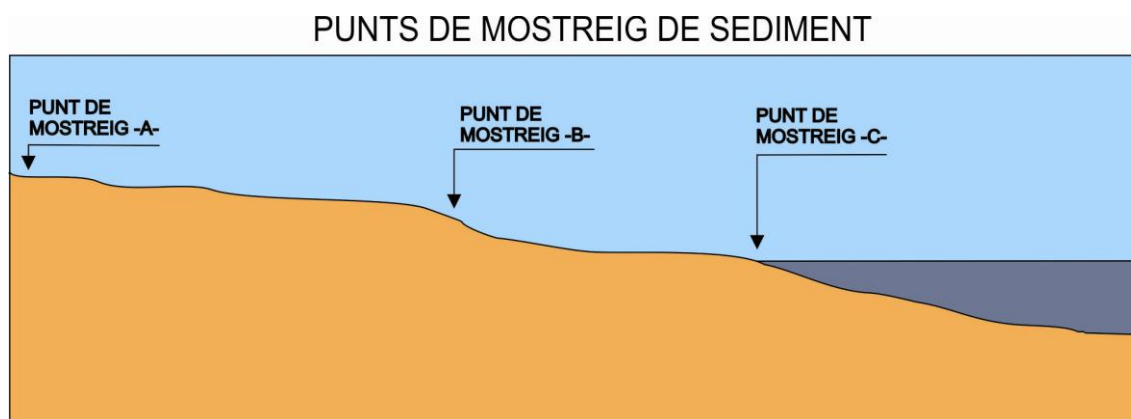


**Figura 73:** Representació gràfica de la metodologia utilitzada pel càlcul de volums sedimentaris.

A fi de comparació, en alguns casos s'ha procedit a l'anàlisi de la relació lineal entre variables quantitatives a través del coeficient de correlació de Pearson, on  $\sigma_{XY}$  és la covariança de (X,Y), i  $\sigma_X$  i  $\sigma_Y$  les desviacions típiques de les distribucions marginals.

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Tot per donar continuació a les fites anteriorment citades, es planteja l'objectiu **3.3.2. g)**, que per proporcionar major coneixement sobre els perfils de platja i les seves característiques intrínseques, té el propòsit d'analitzar detingudament les característiques granulomètriques de l'arena que dona lloc al sediment de les platges estudiades. Per tal propòsit, i aprofitant la georeferenciació establerta pels perfils de platja, es prenen 3 mostres de sediment per a cada un dels perfils, generant això un total de 18 mostres de sediment al llarg del sector Can Picafort – Es Comú. Les mostres foren preses en tres punts distints al llarg de la longitud dels perfils. El primer punt de mostreig es correspon a la part més alta de la platja (A), el segon a la meitat de la platja alta (B), mentre que el darrer es situa a la zona d'*swash* (B). Pel que fa al primer punt mostrejat, en el cas dels perfils que es situen de ple a la platja urbana (1 i 2), aquest es correspon amb el límit amb el passeig marítim, mentre que en el cas del sector natural, la mostra va ser presa a l'altura del cordó de protecció instal·lat (Figura 74).



**Figura 74:** Localització del punts de mostreig de sediment en el *backshore* del sector Can Picafort – es Comú de Muro.

Es prengueren 300 g per cada mostra, per després ser processats al laboratori. La humitat presentada per algunes de les mostres va suposar haver d'eixugar-les. Per a fer-ho s'utilitzà una estufa de dessecació (Figura 75b) que, a una temperatura constant de 60 °C i al llarg d'un període que oscil·lava entre les 4 i les 6 hores, eixugà cada una de les mostres preses.



**Figura 75:** a) A la figura de l'esquerra es veu la bàscula d'alta precisió utilitzada per mesurar mostres homogènies de sediment. b) A la dreta apareix l'estufa de dessecació, utilitzada per eliminar completament la humitat de les mostres.

La caracterització morfomètrica del sediment es realitzà amb una bateria de sedassos de 21 cm. de diàmetre, que amb una pila total de 6 compartiments, separà els grans d'arena en funció de la seva mida. L'obertura nominal dels compartiments utilitzats era de 1 mm., 500  $\mu$ , 250  $\mu$ , 125  $\mu$ , 63  $\mu$  i > 63  $\mu$ . Per sistematitzar el procés i obtenir una major precisió en la separació de fragments es passà el sedàs per una tamissadora electromagnètica per a granulometria, model CISA RP.08 (Figura 76a), que amb una freqüència de vibració recurrent al llarg de períodes de 10 minuts, impulsava

la fragmentació i separació dels grans d'arena. El darrer pas del procés passa per obtenir el pes de cada una de les fraccions obtingudes. Així, amb una bàscula d'alta precisió, model Sartorius BP 3100S, amb un  $d=0,01$  g (Figura 75a), cada una de les fraccions van ser pesades, desglosant el pes total en fraccions.



**Figura 76:** a) A l'esquerra es veu la pila de tamissos utilitzada per separar les fraccions granulomètriques del sediment analitzat, mentre que la imatge de la dreta, b) mostra la tamissadora electromagnètica utilitzada per accelerar el procés de separació.

El processament de les dades s'ha fet a través del *software* lliure *Gradistat*, utilitzat pel processament estadístic de la distribució en la mida de gra i l'anàlisi de sediment no consolidat, executat pel Departament de Geologia de la Universitat de Londres. Aquest programa ens permet realitzar un apurat processament de mostres sedimentàries provints de la fracció establerta per la utilització de tamissos granulomètrics. Aquestes mostres són calculades a través del Mètode per Moments – *Method of Moments* – identificant les mitjanes – *mean* –, la desviació estàndard – *sorting* –, l'assimetria estadística – *skewness* – o la mitjana morfomètrica de les mostres – *kurtosis* – (Taula 7). Els paràmetres granulomètrics del sediment mostrejat són calculats des del punt de vista aritmètic i geomètric – en micres ( $\mu$ ) –, i logarítmic – utilitzant l'escala de phi – (Figura 8) .

El programa també prové una descripció física i morfològica del sediment mostrejat, facilitant el grup textural al que les mostres analitzades pertanyen. Finalment, en termes de representació gràfica, en resulten gràfics específics pel que fa a la distribució del tamany de gra per fraccions, de la seva distribució acumulativa al llarg de la sèrie de mostreig, o bé gràfics triangulars (**Annex 1**).



**Table 1.** Statistical formulae used in the calculation of grain size parameters.

$f$  is the frequency in percent;  $m$  is the mid-point of each class interval in metric ( $m_m$ ) or phi ( $m_\phi$ ) units;  $P_x$  and  $\phi_x$  are grain diameters, in metric or phi units respectively, at the cumulative percentile value of  $x$ .

## (a) Arithmetic Method of Moments

Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
$\bar{x}_a = \frac{\sum f m_m}{100}$	$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^2}{100}}$	$Sk_a = \frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^3}{100 \sigma_a^3}$	$K_a = \frac{\sum f (m_m - \bar{x}_a)^4}{100 \sigma_a^4}$

## (b) Geometric Method of Moments

Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
$\bar{x}_g = \exp \frac{\sum f \ln m_m}{100}$	$\sigma_g = \exp \sqrt{\frac{\sum f (\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^2}{100}}$	$Sk_g = \frac{\sum f (\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^3}{100 \ln \sigma_g^3}$	$K_g = \frac{\sum f (\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^4}{100 \ln \sigma_g^4}$

Sorting ( $\sigma_g$ )	Skewness ( $Sk_g$ )	Kurtosis ( $K_g$ )
Very well sorted	< 1.27	Very fine skewed
Well sorted	1.27 – 1.41	Fine skewed
Moderately well sorted	1.41 – 1.62	Symmetrical
Moderately sorted	1.62 – 2.00	Coarse skewed
Poorly sorted	2.00 – 4.00	Very coarse skewed
Very poorly sorted	4.00 – 16.00	
Extremely poorly sorted	> 16.00	

## (c) Logarithmic Method of Moments

Mean	Standard Deviation	Skewness	Kurtosis
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100 \sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100 \sigma_\phi^4}$

Sorting ( $\sigma_\phi$ )	Skewness ( $Sk_\phi$ )	Kurtosis ( $K_\phi$ )
Very well sorted	< 0.35	Very fine skewed
Well sorted	0.35 – 0.50	Fine skewed
Moderately well sorted	0.50 – 0.70	Symmetrical
Moderately sorted	0.70 – 1.00	Coarse skewed
Poorly sorted	1.00 – 2.00	Very coarse skewed
Very poorly sorted	2.00 – 4.00	
Extremely poorly sorted	> 4.00	



**Taula 7:** Metodologia utilitzada pel software GRADISTAT en tant al càlcul estadístic de la granulometria de les mostres analitzades.

Median diameter in mm	Phi Scale	Sediment name
1	0	Very course sand
0.5	1	Coarse sand
0.25	2	Medium sand
0.125	3	Fine sand
0.06	4	Very fine sand

**Taula 8:** Reconversió del diàmetre granulomètric de cap a l'escala de *phi*.

Pel que fa als objectius **3.3.2. h), i)**, la tasca *in situ* al camp ha estat el vehicle utilitzat per a l'obtenció de la informació desitjada. Així, el primer pas ha estat prendre en consideració cada una de les formes erosives *blowouts* existents a la zona d'estudi, identificant-ne un total de 58, més 4 zones definides com a degradades, on la seva complexitat geomorfològica, manifestada a través del seu alt grau de fragmentació, ha fet impossible la seva caracterització de forma individual. Inicialment, la identificació de cada una de les formes *blowouts* ha estat duta a terme a través de l'anàlisi de fotografies aèries, basant-se també amb el que cartografià Servera (1997), i de les diferents sortides al camp, compreses entre els dies 09/04/2010 i 03/06/2010. La geolocalització dels punts de mostreig s'ha realitzat amb GPS, model GARMIN Dakota 20 d'alta sensibilitat, a fi de localitzar i situar amb precisió cada un dels punts estudiats. El punt de referència que s'ha utilitzat per fixar i mesurar cada una de les formes ha estat el cordó de protecció instal·lat, el qual separa la platja alta del sistema dunar, vetant el pas dels usuaris de cap a l'interior. L'estabilitat i la poca variabilitat que al llarg del temps suposa aquesta fita han estat els factors que s'han valorat per considerar-lo com a punt de referència òptim.

En tant a la medició, s'han establert nodes estratègics per cada una de les unitats mostrejades. Els trams resultants han estat mesurats i units a fi de poder cartografiar esquemàticament els *blowouts* en planta. Partint dels cordons dissuasoris situats entre el front dunar i la platja alta, s'han tengut en compte els patrons seguits per la vegetació, sobretot pel que fa al traç de les línies de medició, per establir així uns criteris homogenis al llarg de la sèrie mostrejada.

<b>Blowout: 19</b>		<b>Data: 26/4/2010</b>	
			
<b>Localització GPS:</b> N 39° 46. 997' E 003° 08. 048'		<b>Àrea</b>	
<b>Cordó de protecció:</b> SI (a la part central ha estat enterrat per arena)		<b>Trampes eòliques:</b> SI (una de canyet que està rompuda, i una de restes de Posidonia)	
<b>Fragmentació del front dunar</b>	<b>Alt</b>	<b>Arrels penjant:</b> SI	
	<b>Mode</b>		
	<b>Baix</b>		
<b>Bolles posidònia i canyet:</b> SI		<b>Ripples:</b> NO	
<b>Aparent colonització de vegetació psammòfila:</b> SI			
<b>Foredunes:</b> SI			
<b>Vegetació psammòfila:</b> SI <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Ammophila arenaria</i></li> <li>- <i>Pancratium maritimum</i></li> <li>- <i>Eryngium maritimum</i></li> <li>- <i>Lotus cytisoides</i></li> <li>- <i>Cutandia maritima</i></li> <li>- <i>Aetheorhiza bulbosa</i> subsp. <i>bulbosa</i></li> <li>- <i>Matthiola incana</i></li> <li>- <i>Crucianella maritima</i></li> </ul>			
<b>Vegetació llenyosa:</b> SI <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Juniperus oxycedrus</i> L. Subsp. <i>Macrocarpa</i> (ginebró)</li> <li>- <i>Pinus halepensis</i> (pi blanc)</li> <li>- <i>Pistacea lentiscus</i></li> </ul>			
<b>Observacions:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquest B-O està molt fragmentat. Conseqüència del seu estat hi podem trobar en el seu interior nombrosos camins, cada un dels quals es dirigeix a la part interior del sistema dunar. La seva part central es troba molt fragmentada, amb un "illot" d'arena el qual mostra importants signes de degradació i fragmentació. La trampa de Posidonia s'ha vist sedimentada d'arena, i ja es pot percebre la seva colonització de vegetació psammòfila, tant amb grans individus com amb petits, creant inclús algun <i>foredune</i>.</li> </ul>			

**Figura 77:** Fitxa de camp utilitzada per la caracterització del front dunar d'es Comú de Muro.

Una vegada cartografiats, s'ha utilitzat una fitxa de camp amb la finalitat d'obtenir informació sobre cada una de les variables analitzades (Figura 77). Posteriorment s'ha processat la informació a través del software PRIMER 6 i Microsoft EXCEL. El primer s'ha utilitzat per obtenir anàlisis multivariables CLUSTER, realitzats a través de l'índex *Bray Curtis similiraty*, a fi d'obtenir la similitud entre *blowouts* a partir de les variables contemplades i establir associacions entre mostres. En total s'han realitzat tres anàlisi CLUSTER distintes, un amb les espècies herbàcies, un segon amb espècies arbustives, i el tercer a partir de totes les variables contemplades. A part de l'anàlisi comú entre variables, cada una d'aquestes ha estat processada individualment, determinant-ne les pautes de recurrència i els seus percentatges d'aparició al llarg de la sèrie de mostreig presa. Amb la intenció d'identificar amb precisió les associacions detectades entre espècies i diferenciar-les clarament entre sí, s'utilitza una nomenclatura alfabètica amb l'ordre A, B, C, etc. en el cas de les espècies herbàcies, i A<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, etc. en el cas de les arbustives.

La producció cartogràfica definitiva per cada una de les mostres s'ha realitzat a través del programa de dibuix AUTOCAD (2008) i Corel Draw X5.

Pel que fa a l'objectiu **3.3.2. k)**, i atenent a l'objecte del present estudi, s'ha utilitzat la metodologia proposada per Roig-Munar *et al.* (2009b). Es parteix de la hipòtesi de que els sistema dunar d'es Comú de Muro ha estat, al llarg de segles, objecte d'una intensa i activa activitat antròpica, basada principalment amb l'activitat extractiva forestal (Barceló, 1997; 2004). Endemés, i com també remarca l'article de referència sobre el qual s'articula el present anàlisi, hi ha varis motius que ens han dut a pensar fermament amb aquestes que els sistemes dunar arreu de la mediterrània, i també al cas que ens ocupa, han estat objecte d'intervencions, enfocades totes elles a satisfer les pretensions de l'home:

- a. Hi ha evidències clares que no és una espècie habitual en la vegetació dels sistemes dunars dinàmics (Bolòs, 1967).

- b. El seu creixement ràpid i el seu comportament pioner la fan una espècie adequada per establir ambients alterats (Ortuño, 1990; Pastor-López i Martín-Martín, 1993).
- c. La producció ex situ a partir de llavors és relativament fàcil (Baeza *et al.*, 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Maestre i Cortina, 2004)
- d. El procés d'adaptació del lloc de cultiu al definitiu és també senzill i amb pocs problemes (Baeza *et al.*, 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Maestre i Cortina, 2004)
- e. Es té constància del seu ús per a forestacions en diferents fonts bibliogràfiques tant en tot l'àmbit de la regió mediterrània (Quézel i Médail, 2003), com especialment a l'estat espanyol (Escarré *et al.*, 1989; Ortuño, 1990; Baeza *et al.*, 1991; Pastor-López i Martín-Martín, 1993; Olivera *et al.*, 2003; Quézel i Médail, 2003; Roig Munar *et al.*, 2009b).

Amb l'objectiu de poder fer una discussió i valoració compartida amb el que postulen Roig-Munar *et al.* (2009b), es procedeix a l'anàlisi de la situació actual de la massa forestal de *Pinus halepensis* localitzada a l'àrea d'estudi. Així, s'han pres mostres representatives de 30 individus en cada un dels casos, els quals són mesurats mètricament a una altura aproximada als 130 cm del sòl. Posteriorment, la circumferència mesurada és extrapolada al diàmetre de cada un dels individus mostrejats amb la intenció d'obtenir l'edat de l'arbre (Taula 17). La selecció de les mostres ha estat aleatòria, no obstant sempre intentant assumir la major superfície possible arreu del sistema, tot per obtenir també una informació espacial representativa.

Donades les característiques forestals d'es Comú, el mostreig s'ha realitzat en dos sectors distints a causa de l'evidència en tant a l'existència de dos grups diferents d'individus pel que fa a la seva mida i estat de desenvolupament. La diferència entre la potència arbòria que es mostra en aquest sistema va determinar que la recollida de dades al camp discriminés entre els individus *vells* i *joves*, que amb unes altures i diàmetres fàcilment diferenciables, projecten clares evidències en quant al seu estat de desenvolupament (Figura 107). A més, i atenent al que postula Barceló (1997, 2004)

es tenien proves fermes de les actuacions humanes que han provocat l'actual distribució, tals com la tala o el negoci de fusta per part dels veïns de Muro i Santa Margalida.



**Figura 78:** Exemple comparatiu entre fotografies aèries. Nucli urbà de Can Picafort 1956-2008. Com s'aprecia, el procés urbanitzador ha estat el principal agent destructor del sistema platja-duna original. Endemés, obres rígides com el port esportiu o el passeig marítim han afavorit a canvis substancials en la dinàmica litoral de la zona.

L'anàlisi i la comparació de fotografies aèries (Figura 78) en diferents moments al llarg de les darreres dècades ha permès contemplar i analitzar canvis substancials en la seva fisonomia. Això ha facilitat informació suficient per avaluar variables tals com l'evolució del sistema dunar de es Comú a partir de l'obertura de camins, la variació de la línia de costa, la superfície de la platja alta, l'evolució del primer cordó dunar, l'abolició del sistema dunar de Can Picafort i l'evolució del seu nucli urbà, o la proliferació d'infraestructures turístiques.

### **3.3. RESULTATS I DISCUSSIÓ**

Pel que fa als resultats obtinguts durant un any de mostreig, la variabilitat de les platges és una de les principals característiques. Aquestes no es mantenen fixes en una única posició, sinó que varien el seu perfil, configuració i planta al llarg del temps. Al ser espais tan dinàmics, en on un gran nombre de factors i agents hi tenen lloc, la facilitat i vulnerabilitat front al canvi morfològic queda justificada. No obstant, aquests espais també vénen modificats per les accions i el comportament dels seus usuaris. Així, no és difícil establir algunes diferències entre els patrons de variabilitat de les platges urbanes i naturals, on els paràmetres de freqüentació i pressió antròpica són distints.

Amb l'estudi dut a terme es pretén mostrar que aquesta variabilitat no es manifesta necessàriament en períodes llargs de temps, sinó que ja es fa patent en sèries mensuals o estacionals. A més de la dimensió temporal, la complexitat de l'espai litoral fa d'ell un espai amb capacitat de canvis en una escala espacial relativament reduïda. Així veiem com en el cas estudiat, els patrons de comportament seguits en dues platges totalment limítrofes poden discernir substancialment. No obstant, s'ha de tenir en compte que l'any de mostres ha estat tranquil i normal climatològicament parlant, sense esdevenir cap episodi de tempesta fora dels patrons estàndard.

Es pot constatar que la línia de costa compresa entre els sectors de Can Picafort i d'es Comú de Muro ha rebut variacions importants al llarg de 2009-2010 (Figura 81). No obstant, les diferències existents entre el sector natural i l'urbà són notablement apreciables. La variabilitat de la platja urbana ha estat considerablement més elevada que en el cas dels sectors manco antropitzats. Els patrons de freqüentació i les tècniques utilitzades per gestionar la platja emergida, a través de maquinària pesada, susciten una alta correlació en tant al canvi en els perfils de platja (Figura 58 i 59). La zona compresa entre els perfils 1 i 3, perteneixents a la platja urbana, és la de major variabilitat, mentre que la seva prolongació de cap al nord dibuixa un traçat de línies més homogènies, reflectint així el comportament que s'ha registrat a la zona central de es Comú. El retorn a l'heterogeneïtat de cap al sector nord de la platja respon de nou a

causes antròpiques. El fet de coincidir amb una de les principals entrades a la platja, una zona de pàrquing i el límit de la planta hotelera de les Platges de Muro, fa que la tendència de variabilitat repeteixi els patrons seguits a la platja urbana. Per adoptar més precisió, la variabilitat de perfils respecte a la mitjana (33,67 m) confirma la hipòtesi exposada. D'aquesta manera, les mesures individuals dels perfils 1 (38,33 m), 2 (37,33 m) i 3 (43,92 m) són les que discerneixen més de la mitja global, mentre que en la zona central d'es Comú, en el perfil 5 (19 m), la variabilitat disminueix, inclús per sota de la mitjana (Taula 9 i Figura 81).

PLATJA DE CAN PICAFORT - ES COMÚ DE MURO							
	13 juny 09	27-ago-09	27-oct-09	30 gener 10	27 març 10	29 maig 10	Mitjana
<b>Perfil 1</b>	37,5	31,5	27,5	48	45	40,5	38,33
<b>Perfil 2</b>	33	30	35	43,5	40,5	42	37,33
<b>Perfil 3</b>	42	43	36	51	49,5	42	43,92
<b>Perfil 4</b>	31,5	28,5	30	42	39	36	34,5
<b>Perfil 5</b>	21	18	19,5	21	19,5	15	19
<b>Perfil 6</b>	21	22	22,5	34,5	37,5	36	28,92
<b>Mitjana</b>	31	28,83	28,42	40	38,5	35,25	<b>33,67</b>

**Taula 9:** Variació de la línia de costa (m) per cada un dels perfils analitzats en el període 2009-2010 a la platja de Can Picafort i es Comú de Muro.

Els canvis en tant a la posició de la línia de costa també assumeixen diferències a escala temporal. Segons els mostresos presos, les màximes longituds a la platja alta es donen al llarg dels mesos hivernals, de temporada baixa, moment en que la freqüentació i ús de la platja és de menor intensitat. Així es veu com les mitjanes més altes les trobem en els mesos de gener (40 m), març (38,5 m) i maig (35,5 m), mentre que les mínimes es produeixen en els mesos en que l'ús i l'explotació de la platja és més elevada, juny (31 m), agost (28,8 m) i octubre (28,4 m) (Taula 9 i Figura 81).

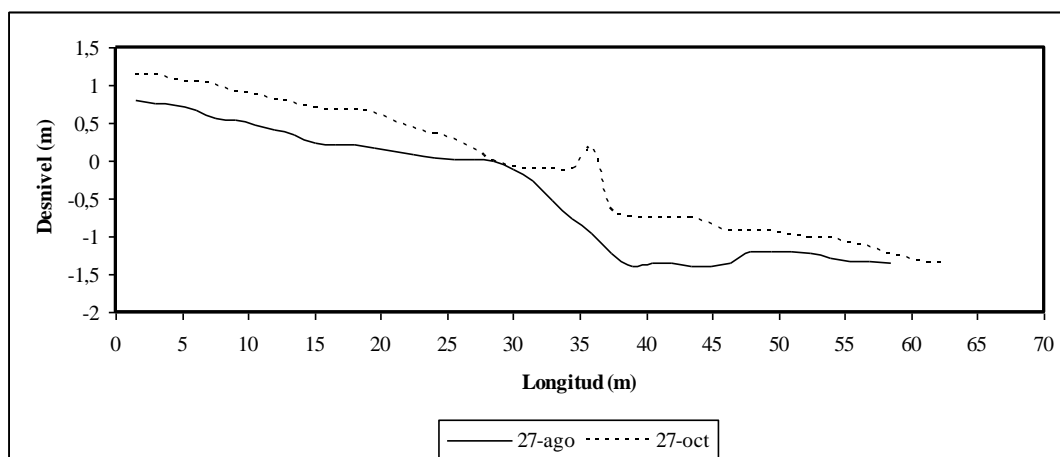
Alguns en són els factors que potencien aquestes tendències. En temporada hivernal, les acumulacions de *Posidonia oceanica* al *backshore* insten al creixement substancial de la platja emergida, fet que suposa automàticament un augment de la seva longitud. Així, es percep com al gener, moment en que les banquetes de *P. oceanica* assoleixen la seva màxima esplendor, el creixement de la platja alta és patent, allargant la seva longitud i dotant d'unes estructures de defensa la platja emergida front a temporals



d'onatge. En detriment a aquesta situació, la retirada d'aquesta fanerògama en vistes posades a la temporada turística, accelera la desprotecció de la platja vers a l'energia refractada per les ones, que junt a l'alteració provocada per l'ús massiu de l'espai, suposa un retrocés de la línia de costa i per tant també, una disminució de l'espai utilitzable (Figura 81).



**Figura 79:** Localització dels perfils mostrejats en el sector Can Picafort – es Comú de Muro.

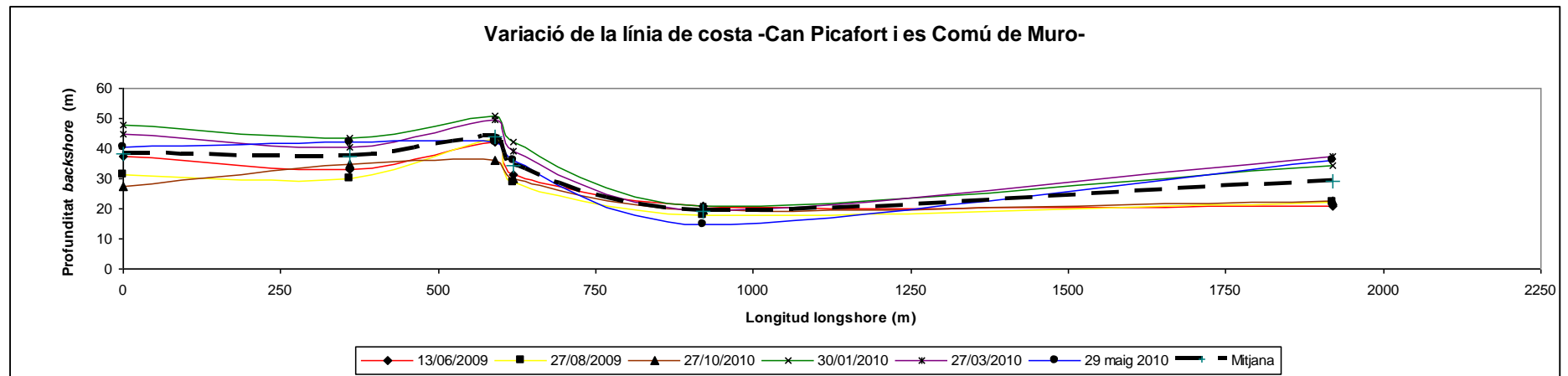


**Figura 80:** Efectes morfològics de les banquetes de *P. oceanica* al backshore.

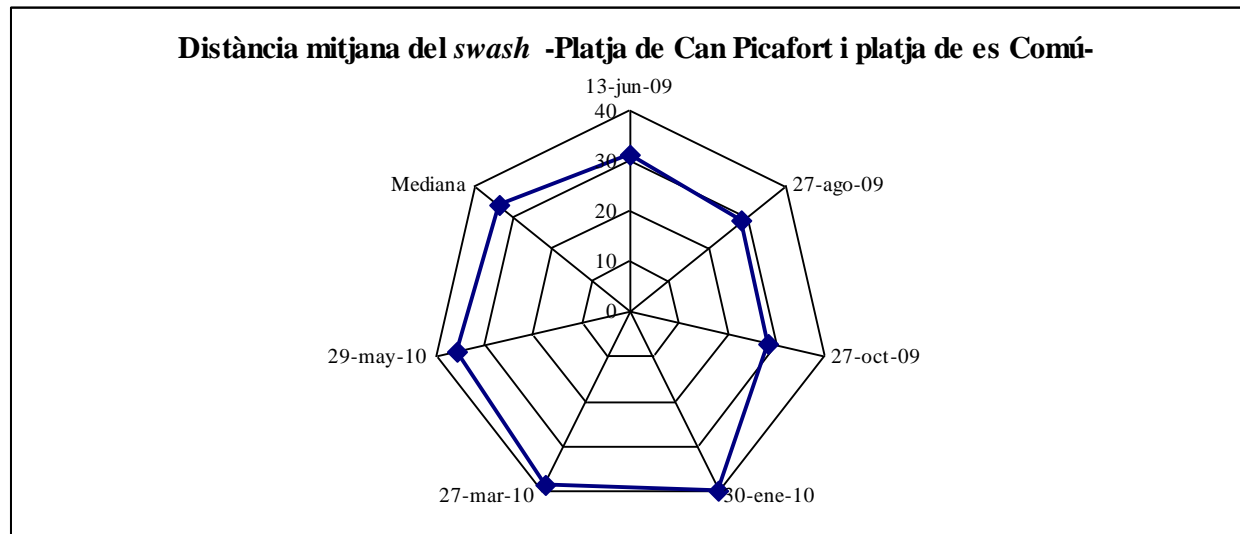
La variabilitat dels perfils de platja mesurats no tan sols es detecta en la seva longitud, sinó que també en el seu desnivell. Prenent com a referència inicial les mitjanes per a cada un dels perfils al llarg del temps de mostreig, dues associacions són les que es mostren representatives ja en primera instància (Figura 83).

En primer lloc, la correlació entre el perfil 1 i 2 – platja urbana – és quasi perfecta, amb un traçat de platja molt similar, i amb un desnivell mitjà que s'aproxima als -4 m. Els dos transsectes, sent els dos únics que tenen com a punt de referència el passeig marítim, dibuixen un perfil suau i amb poques alteracions. En segons instància, es veu una nova associació formada pel resta de perfils, més heterogènia i amb un desnivells que oscil·len entre els -4 i -6 m. Dintre d'aquest últim grup, es percep una diferència entre els perfils 5 i 6, ambdós localitzats de ple dins la franja més natural de la platja, i els perfils 3 i 4, associats a la zona de transició entre els dos sectors. Tot i que aquestes diferències no es caracteritzen per la seva rellevància, aquestes tan sols es manifesten a la part emergida de la platja, ja que com es pot observar, la correlació observada en la zona de *nearshore* i *swash* és palpable.

La variacions longitudinals i verticals de perfils duen en sí canvis en el depòsit de sediment de la platja. La variabilitat de pendants, així com també la dinàmica de l'onatge i transport litoral, fan que els volums d'arena vagin manifestant canvis significatius (Taula 10 i Figura 84). Més que diferenciant-se entre perfils, aquests canvis es presenten significatius si són considerats amb una perspectiva temporal, determinant la seva caracterització en funció de la seva estacionalitat. Posat en que no sempre s'ha mesurat la mateixa longitud en cada un dels dies de mostreig, la platja emergida ha estat la referència utilitzada. Els canvis longitudinals en els perfils estudiats són els que determinen en major mesura les variacions en els volums d'arena. Així s'han calculat els volums mitjans per dies de mostreig en la platja alta dels sectors estudiats (Figura 84) derivant-se alguns canvis dignes de comentar.



**Figura 81:** Representació gràfica de la variació anual de la línia de costa en el sector estudiat.



**Figura 82:** Representació de la distància del punt d'*swash* per a cada dia de mostreig.

Hi ha una forta correlació entre l'existència de bermes de *P.oceanica* i els dies de major volum sedimentari. Així, queda clarament reflectit com en els mesos hivernals, moment en que les bermes vegetals són més presents i recurrents al llarg de la línia de costa, s'assoleixen les xifres màximes en quant a  $\text{m}^3$  d'arena, assumint-ne el màxim al mes de gener, amb un total de  $740.930 \text{ m}^3$ , seguit del mes de març, arribant als  $715.933 \text{ m}^3$  (Taula 10). De fet, si aquesta informació es verifica amb la variació anual de la línia de costa (Figura 81), es torna a apreciar com les cotes màximes coincideixen de nou amb els dies de mostreig presos al hivern. En segon lloc, un altre factor natural a ser considerat n'és la presència de barres submergides arenoses adherides a la zona de *foreshore*. Dels perfils presos, s'aprecia com les barres arenoses en el mes de gener, i una mica manco al mes de març, tendeixen a estar adherides a la part inferior de la platja alta, potenciant alhora majors longituds. A mode d'exemple, en el cas de gener, dels 6 perfils mostrejats, en 5 es troben barres submergides, estant aquestes adherides en 4 dels casos.

<b>Variació del volum sedimentari en el <i>backshore</i> pel sector Can Picafort - es Comú de Muro</b>	
<b>Día</b>	<b>m3 playa alta</b>
13 juny 2009	594594,1
27-ago-09	548779,6
27-oct-09	500065,9
30 gener 2010	740929,9
27 març 2010	715933,7
29 maig 2010	572746,4
<b>Mitjana</b>	<b>612174,9333</b>

**Taula 10:** Variació de la línia de costa (m) per cada un dels perfils analitzats en el període 2009-2010 a la platja de Can Picafort i es Comú de Muro.

En quant als mínims (Taula 10), aquests es localitzen al octubre, al final de la temporada estival. No obstant, per una correcta interpretació cap girar la vista enrere a fi d'observar la seqüència que es segueix des del mes de juny. En aquest període de temps s'aprecia una disminució progressiva, i a la vegada considerable, del volum de sediment en el backshore, passant de  $594.594 \text{ m}^3$  al juny, a  $548.779 \text{ m}^3$  al mes d'agost, per arribar al mínim enregistrat en octubre, amb un volum de  $500.066 \text{ m}^3$ , coincidint

de ple amb els mesos de màxima freqüentació de la platja. El cas del mes de maig queda un tant aïllat, amb un volum que es situa als  $572.746 \text{ m}^3$ , fet que suposa una disminució important en front als valors registrats en els mesos de gener i març. La mitjana anual del volum d'arena en la platja alta de Can Picafort i es Comú de Muro es situa en els  $612.174 \text{ m}^3$ .

Si es considera la caracterització de l'àrea per cada un dels perfils a nivell individual, i d'igual manera que passava en tant a la seva variabilitat longitudinal, s'aprecia una clara diferenciació entre els paràmetres que es segueixen en la platja urbana i els presents en la platja natural (Figura 85). En el cas dels perfils 1 ( $438 \text{ m}^2$ ) i 2 ( $431 \text{ m}^2$ ), localitzats al davant del passeig marítim, es registren les superfícies mínimes, mentre que els valors augmenten en els perfils del sector natural, amb la màxima al perfil 3, arribant als  $738 \text{ m}^2$ . No obstant, el coeficient de correlació entre la longitud de la platja alta i la seva àrea ( $r = 0,48$ ) mostra una existència de correlació positiva tot i que moderada, indicant que no sempre una major longitud del sector emergit es tradueix en una major superfície del perfil calculat. A mode d'exemple, el perfil 4, que amb una longitud de platja alta equiparable al perfil 2, la seva superfície en planta és notablement superior, ( $209 \text{ m}^2$ ), o bé el perfil 5, que amb una longitud de platja alta notablement inferior a la del mateix perfil 2 (18 m), els seus volums són realment equiparables ( $P5 = 470,30 \text{ m}^2$  vs  $P2 = 431,16 \text{ m}^2$ ).

Des del punt de vista geomorfològic es repeteixen les diferències entre els perfils de la platja de Can Picafort i els que es localitzen al sector d'es Comú. El condicionament de la platja urbana, sobretot en temporada alta, fa que el seu estat d'homogeneïtzació sigui molt més elevat que en el cas del sector més natural, on l'efecte de la maquinària pesada utilitzada per aplanar, oxigenar i netejar la platja no hi és tant present. Així doncs, de nou es mostren divergències entre els perfils 1 i 2 per una banda, i la resta per l'altra, dibuixant-se en els dos primers un perfil molt més suau i homogeni que en la resta, sobretot pel que representa el sector emergit del sistema (Figura 83).

	Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3	Perfil 4	Perfil 5	Perfil 6
13-jun-09	/	/	/	/	6	/
27-ago-09	/	/	/	/	6	/
27-oct-09	15,5	12,5	7,5	9	19,5	/
30-ene-10	27	8	18	/	4,5	9
27-mar-10	27	10,5	21	13,5	/	9
29-may-10	/	/	/	/	/	/
<b>Mediana</b>	23,17	10,33	15,50	11,25	9,00	9,00
<b>Mediana global</b>	<b>13,04</b>					

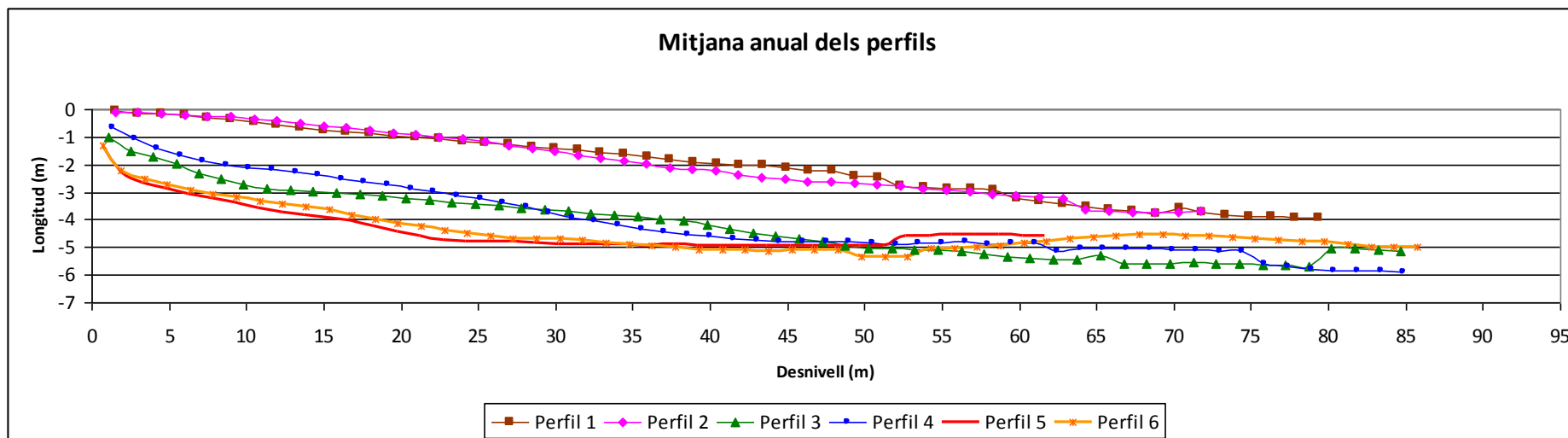
**Taula 11:** Evidències de temporals de mar al *backshore*. Distància des del *swash* (m).

S'aprecien d'aquesta manera canvis de pendent al llarg de la platja seca en els perfils que es localitzen en els sectors manco antropitzats. La menor freqüentació en la zona i l'absència de maquinària pesant a llarg de la platja, fa que la compactació del substrat sigui substancialment inferior, suposant alhora una major vulnerabilitat en front a la força i energia refractada per l'onatge.

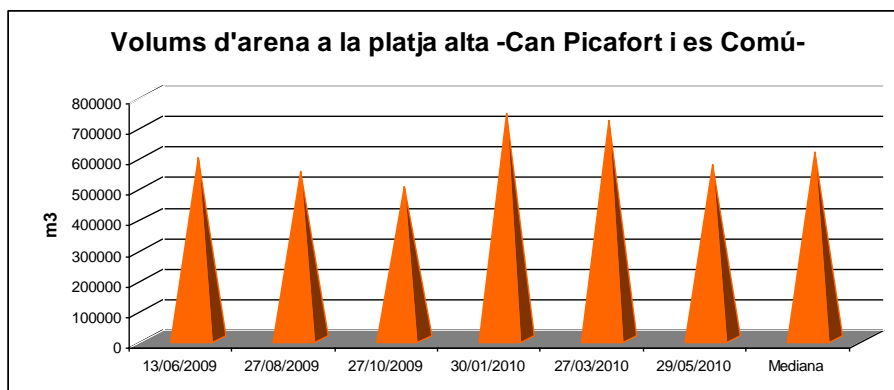
Si bé els patrons que moltes variables ens han mostrat tracen camins distints, manifestant a la vegada el diferent comportament entre la platja urbana i la natural, les evidències de temporals a la platja alta es postulen en una mateixa tendència. Dels registres de camp presos, queda patent la gran capacitat que els temporals de mar poden arribar a tenir sobre l'estat i la fisonomia del *backshore* (Taula 11). En el cas que ens ocupa, el 70,5% dels registres presos front a temporals de mar s'han produït en els mesos d'octubre, gener i març, coincidint de ple amb el període hivernal, a excepció del perfil 5, en on també s'han registrat evidències en els mostres de juny i agost. La capacitat que la força de l'onatge té per abordar la platja alta és molt variable, no obstant les evidències màximes adverteixen de la seva capacitat per interferir sobre el sector emergit. Els mesos de gener i març són els que han mostrat major influència del mar sobre la platja, arribant als 27 m terra endins en el perfil 1 els dies 30 i 27 dels mesos respectius. Pel que es refereix a les mínimes, i seguint la lògica de la hidrodinàmica estacional, es donen en els mesos de juny i agost, amb evidències a 6 m de l'*swash*, concretament en el perfil 5. Si les mitjanes dels respectius perfils no discerneixen notablement de la mitjana global, el perfil 1 es mostra com el punt on els registres presos assoleixen la seva màxima longitud, indicant una mitja de 23,17 m, fins

on poden arribar els paràmetres d'interacció entre el sector emergit i submergit de la platja.

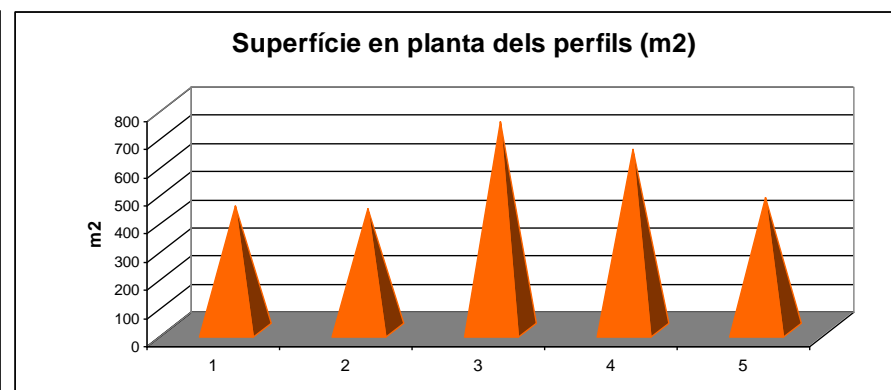
Les xifres extrems de la tasca al camp, i presentades anteriorment, en són un clar paradigma de la capacitat que els ambients de platges arenoses tenen a l'hora de variar la seva morfologia al llarg d'una escala reduïda de temps, així com també en funció de la càrrega antròpica que suporten. Tot indica doncs que les mesures de gestió practicades en aquests ambients haurien de considerar el funcionament geomorfològic del sistema.



**Figura 83:** Representació gràfica dels perfils mitjans anuals a la platja de Can Picafort i es Comú de Muro.



**Figura 84:** Volums sedimentaris per dies de mostreig.



**Figura 85:** Volums sedimentaris mitjans en planta per cada un dels perfils mostrejats.



La dinàmica litoral soferta a la platja d'estudi, i demostrada anteriorment, junt amb algunes actuacions dutes a terme al llarg dels últims anys, ha fet que avui algunes consideracions siguin valuoses en tant a la caracterització del seu sediment. A l'igual que tots els sistemes arenosos de les Balears, la procedència majoritària del sediment és bioclàstica, generada a praderies de *Posidonia oceanica*. Pel que fa al cas concret de la badia d'Alcúdia Servera (2002) indica que el 89% de la composició de les arenes era d'origen bioclàstic, mentre que l'11% restant provenia de materials litoclàstics. El sediment de les platges estudiades durant 2010 (Annex 3) es caracteritza quasi amb exclusivitat per arenes (99,76%), de les quals hi predomina la fracció d'arenes mitges (45,52%) i arenes fines (41,15%), suposant ambdues una mitja del 86,67% sobre el total. No obstant, la tendència que segueix a la fracció fina es dirigeix cap a la fracció d'arenes gruixades (10, 26%) i arenes molt gruixades (2,52%). Dins de la seqüència morfomètrica analitzada, les fraccions que manco pes tenen són les arenes molt fines (0,42%) i els llims gruixats (0,07%), gairebé insignificants (Taula 12).

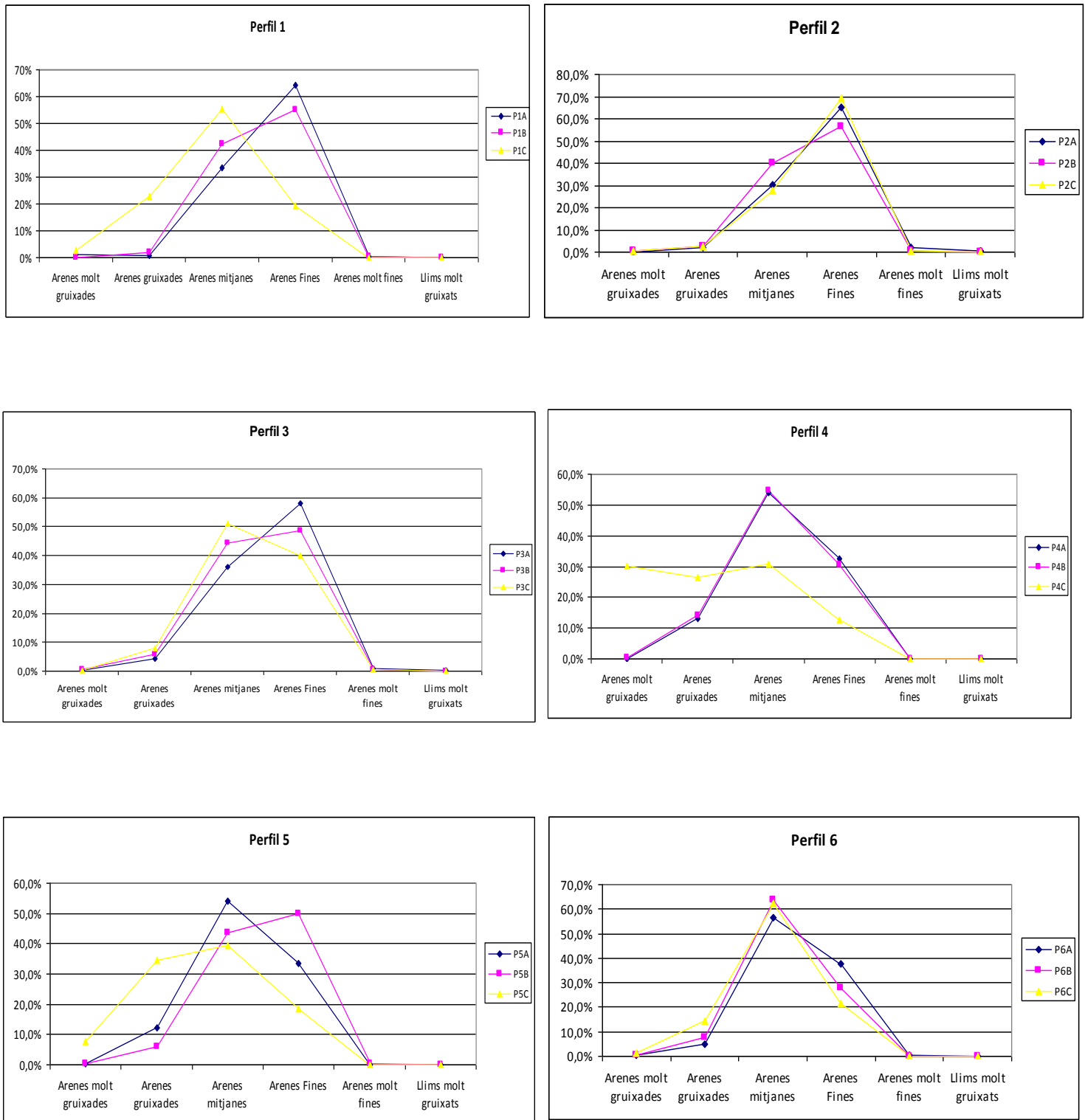
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	Mitj. P. Urbana	Mitj. P. Natural	Mitj. total
Arenes (%)	99,90	98,80	99,90	100,00	100,00	99,96	99,53	99,99	99,76
Fangs (%)	0,10	0,20	0,10	0,00	0,00	0,33	0,13	0,11	0,12
Arenes molt gruixades (%)	0,93	0,26	0,43	10,13	2,73	0,73	0,54	4,53	2,54
Arenes gruixades (%)	8,60	2,30	6,00	18,00	17,63	9,03	5,63	14,89	10,26
Arenes mitges (%)	43,63	32,56	43,87	46,43	45,60	61,03	40,02	51,02	45,52
Arenes fines (%)	46,16	63,63	48,93	25,30	33,86	29,00	52,91	29,39	41,15
Arenes molt fines (%)	0,33	1,00	0,70	0,16	0,13	0,20	0,68	0,16	0,42
Llims molt gruixats (%)	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,10	0,03	0,07

86,67

**Taula 12:** Xifres percentuals del mida de gra al sector platja de Can Picafort – es Comú.

Si bé l'anàlisi general del sediment al sector que ens ocupa ens permet establir un patró definit, algunes diferències es deixen percebre entre la situació reflectida per la platja urbana i la que es dona a la platja més natural. Observant la Taula 12 i Figura 86 veiem com les arenes fines a la platja urbana (52,91%) són substancialment més rellevants que les que trobem al sector natural (29,39%), mentre que la situació s'inverteix si parlem d'arenes mitges i gruixades, amb valors del 40,02% i 5,63% respectivament en el cas del sector urbà, i 51,02% i 14,89% a es Comú, a l'igual del que

ocorre amb les arenes molt gruixades, amb valors que es situen al 0,54% a la platja urbana i al 4,53% al sector natural.



**Figura 86:** Tendències granulomètriques del sediment per a cada un dels perfils analitzats. Es mostren en les gràfiques les subtendències seguides en cada un dels punts de mostreig, diferenciant així entre el punt més interior (PA), el punt intermig de la platja alta (PB), i el punt referent a la part inferior o zona d'swash (PC).

	P1A	P1B	P1C		P4A	P4B	P4C
Arenes	99,9%	99,9%	100,0%	Arenes	100,0%	100,0%	100,0%
Fangs	0,1%	0,1%	0,0%	Fangs	0,0%	0,0%	0,0%
Arenes molt gruixades	1,0%	0,1%	2,6%	Arenes molt gruixades	0,1%	0,3%	30,0%
Arenes gruixades	0,9%	2,1%	22,8%	Arenes gruixades	13,2%	14,2%	26,6%
Arenes mitges	33,3%	42,2%	55,4%	Arenes mitges	53,9%	54,7%	30,7%
Arenes fines	64,1%	55,2%	19,2%	Arenes fines	32,6%	30,7%	12,6%
Arenes molt fines	0,5%	0,4%	0,1%	Arenes molt fines	0,2%	0,2%	0,1%
Llims molt gruixats	0,1%	0,1%	0,0%	Llims molt gruixats	0,0%	0,0%	0,0%
	P2A	P2B	P2C		P5A	P5B	P5C
Arenes	99,5%	99,9%	100,0%	Arenes	100,0%	100,0%	100,0%
Fangs	0,5%	0,1%	0,0%	Fangs	0,0%	0,0%	0,0%
Arenes molt gruixades	0,2%	0,3%	0,3%	Arenes molt gruixades	0,3%	0,4%	7,5%
Arenes gruixades	2,0%	2,5%	2,4%	Arenes gruixades	12,3%	6,0%	34,6%
Arenes mitges	30,2%	39,9%	27,6%	Arenes mitges	54,0%	43,5%	39,3%
Arenes fines	65,1%	56,5%	69,3%	Arenes fines	33,3%	49,9%	18,4%
Arenes molt fines	1,9%	0,7%	0,4%	Arenes molt fines	0,1%	0,2%	0,1%
Llims molt gruixats	0,5%	0,1%	0,0%	Llims molt gruixats	0,0%	0,0%	0,0%
	P3A	P3B	P3C		P6A	P6B	P6C
Arenes	99,8%	99,9%	100,0%	Arenes	100,0%	99,9%	100,0%
Fangs	0,2%	0,1%	0,0%	Fangs	0,0%	0,1%	0,0%
Arenes molt gruixades	0,4%	0,5%	0,4%	Arenes molt gruixades	0,4%	0,5%	1,3%
Arenes gruixades	4,2%	5,9%	7,9%	Arenes gruixades	5,0%	7,7%	14,4%
Arenes mitges	36,2%	44,3%	51,1%	Arenes mitges	56,8%	63,8%	62,5%
Arenes fines	58,1%	48,6%	40,1%	Arenes fines	37,5%	27,8%	21,7%
Arenes molt fines	0,9%	0,7%	0,5%	Arenes molt fines	0,3%	0,2%	0,1%
Llims molt gruixats	0,2%	0,1%	0,0%	Llims molt gruixats	0,0%	0,1%	0,0%

**Taula 13:** Distribucions granulomètriques per cada un dels perfils analitzats i punts de mostra.

La interpretació global del punts de mostreig ens permet reafirmar el notable pes que projecta la fracció fina i mitjana en el sediment de les platges estudiades. En el cas de les arenes fines, aquestes suposen la fracció més representativa en 8 dels 18 punts mostrejats, mentre que les arenes mitjanes ho fan en un total de 9. Més acusada n'és la diferència si considerem les dues mesures juntes, sent les fraccions més representatives en 15 dels punts mostrejats (83,33%). Tot i la predominança d'aquestes dues fraccions a

nivell global, hi ha variacions en funció de la localització dels punts de mostreig, depenent de si aquests es troben a la zona d'*swash*, o bé més cap a l'interior.

El patró general que es projecta deixa veure una similitud entre els punts A i B en cada mostreig, mentre que el punt C és el que més discerneix. Generalment, els dos primers punts mostrejats es caracteritzen per fraccions més fines – arenes fines, mitjanes – , mentre que el punt C, coincident amb la zona d'*swash*, es veu una mica alterat degut a la presència de fraccions més gruixades – arenes mitjanes, gruixades – (Figura 86). Aquest escenari és pot percebre amb més facilitat als perfils que coincideixen a la platja natural, sobretot el Perfil 4 i 5, ja que el Perfil 6 torna a aproximar-se a la homogeneïtat entre els punts de mostreig. La màxima expressió del dit la trobem precisament en el Perfil 4, on les arenes molt gruixades al punt C arriben a representar el 30% del total, seguides de les arenes gruixades (26,6%) i mitjanes (30,7%), sent minoritàries les fraccions més fines. Seguint una tendència similar, tot i que manco representativa, hi trobem el Perfil 5, on el pes de les arenes gruixades es situa en el 17,63% i el de les arenes molt gruixades en el 2,73%.

Els canvis granulomètrics del sediment no tant sols es detecten en sentit transversal – des de la part superior de la platja alta fins al *swash* – sinó també en sentit longitudinal. L'acció eòlica a la part alta de la platja, i la hidrodinàmica al *foreshore*, amb els corrents litorals, fan que els moviments també es produeixin en sentit longitudinal, fet que ens verifiquen els gràfics que formen la Figura 87. Si bé es cert que es segueixen alguns patrons identificables, aquests discerneixen en funció dels punts mostrejats. Els punts de mostreig de la part superior (A) i de la part intermitja (B) es caracteritzen per una certa homogeneïtat, diferenciant-se els perfils que es troben a la platja urbana dels que es situen a la franja natural, sobretot a les mostres A, ja que en el cas de les B, tot i representar-se una homogeneïtat semblant, el patró seguit no es veu tan definit. En els punts de mostreig A, es veu com en els perfils urbans hi predominen les arenes fines, mentre que als perfils situats a la platja d'es Comú ho fan les arenes mitjanes. En els punts intermitjos (B) succeeix el mateix, tot i que amb intensitats diferents. És així que en aquest cas el pes de les arenes mitjanes és lleugerament superior a les fines, tot al contrari del que passava als punts A. Endemés,

en aquest cas el P4B s'allunya del comportament seguit a la platja natural d'es Comú, i en detriment s'aproxima als patrons que segueixen els perfils de la platja urbana, amb predominança d'arenas fines, seguides de les de mida mitja.

Els punts de mostreig inferiors (C), inserits de ple dins la zona d'*swash*, són els que projecten més dificultat a l'hora de ser interpretat, bàsicament deguda la seva heterogeneïtat. Com bé s'aprecia a la Figura 87i Taula 13, els patrons granulomètrics seguits per cada perfils tracen tendències que, tot i coincidir en algunes ocasions, segueixen diferents intensitats. Si bé en casos excepcionals, com el P2C, les arenas fines són les predominants, la tendència que es segueix a nivell general passa per l'augment de la mida de gra respecte als punts de mostreig superiors (A i B). Així veiem com als altres casos el patró passa per la predominança de les arenas mitjanes amb tendència a augmentar de cap arenas gruixades i molt gruixades. Fixar-se sinó amb el que ocorre al P6C, on hi predominen les arenas mitjanes (62,5%), seguides de les gruixades (14,4%), acabant amb un petit percentatge de molt gruixades (1,3%). No obstant, el P4C és el paradigma que ens permet verificar de que la mida granulomètrica a la zona d'*swash* és superior al que es dona al llarg de la platja alta. En aquest cas, i esdevenint únic a la sèrie de mostreig, les arenas molt gruixades són les que hi predominen, representant un 30% del total, seguides de les arenas gruixades (26,6%) i de les arenas mitges (30%). En aquest cas, les arenas fines tan sols representen el 12,6%, sent insignificants les granulometries inferiors.

Tot el dit anteriorment queda verificat per la descripció resultant del mètode de Folk i Ward (1957). Segons aquest mètode (Taula 13) les arenas mitjanes amb un 50 % i les fines amb un 44,4% són les que imperen en la sèrie mostrejada, deixant enrere el pes que hi tenen les arenas gruixades, assolint només el 5,5%. No obstant, deixa veure de nou les diferències entre la distribució que es dona a la platja urbana, on hi predominen les arenas fines, de la natural, on ho fan les arenas mitjanes. Pel que fa a la classificació del sediment, el mètode de Folk i Ward (1957) determina que en un 66,66% aquesta està força ben classificat, mentre que el 33,33% restant està ben classificat. Pel que fa a la distribució granulomètrica del sediment analitzat, i en funció del que resulta l'índex de *Curtosis*, hi predomina amb un 61,1% la distribució

platicúrtica, seguida de la distribució mesocúrtica (27,7%) i la leptocúrtica (11,11%), tendint per tant cap a una distribució més heterogènia i dilatada (Figura 88).

<b>Folk &amp; Ward method</b>	<b>P1A</b>	<b>P1B</b>	<b>P1C</b>
MEAN:	Fine Sand	Fine Sand	Medium Sand
SORTING:	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted	Moderately Sorted
SKEWNESS:	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Symmetrical
KURTOSIS:	Platykurtic	Platykurtic	Leptokurtic

	<b>P2A</b>	<b>P2B</b>	<b>P2C</b>
MEAN:	Fine Sand	Fine Sand	Fine Sand
SORTING:	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted
SKEWNESS:	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Coarse Skewed
KURTOSIS:	Platykurtic	Platykurtic	Platykurtic

	<b>P3A</b>	<b>P3B</b>	<b>P3C</b>
MEAN:	Fine Sand	Fine Sand	Medium Sand
SORTING:	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted	Moderately Sorted
SKEWNESS:	Coarse Skewed	Coarse Skewed	Symmetrical
KURTOSIS:	Platykurtic	Platykurtic	Mesokurtic

	<b>P4A</b>	<b>P4B</b>	<b>P4C</b>
MEAN:	Medium Sand	Medium Sand	Coarse Sand
SORTING:	Moderately Sorted	Moderately Sorted	Moderately Sorted
SKEWNESS:	Symmetrical	Symmetrical	Fine Skewed
KURTOSIS:	Mesokurtic	Mesokurtic	Platykurtic

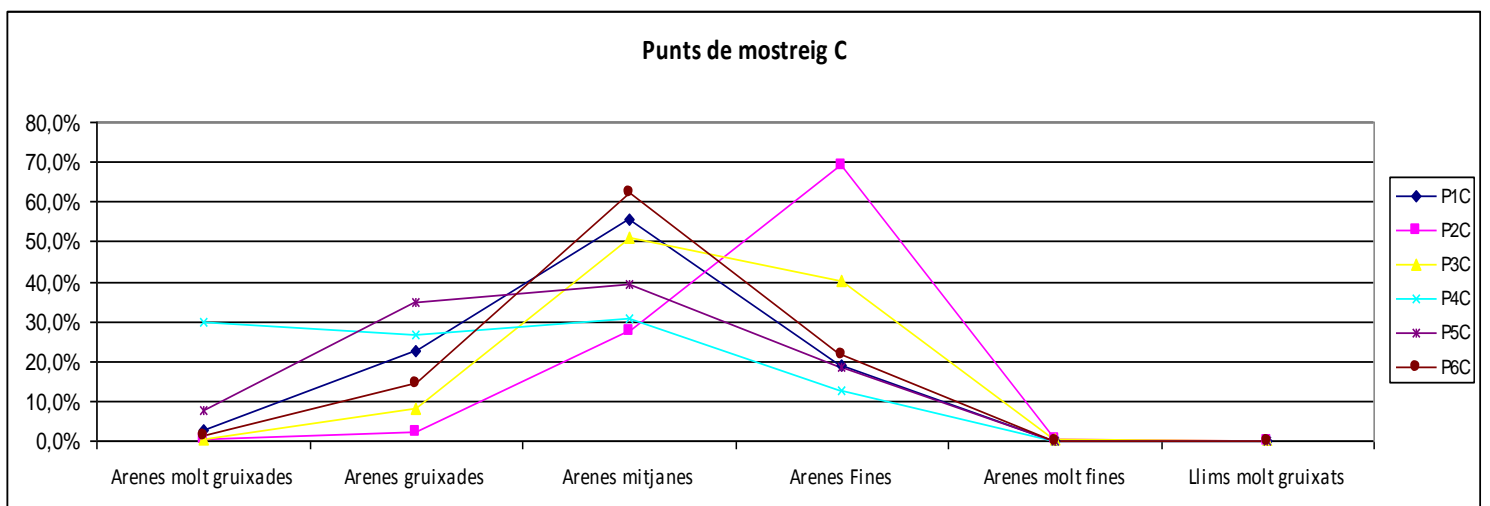
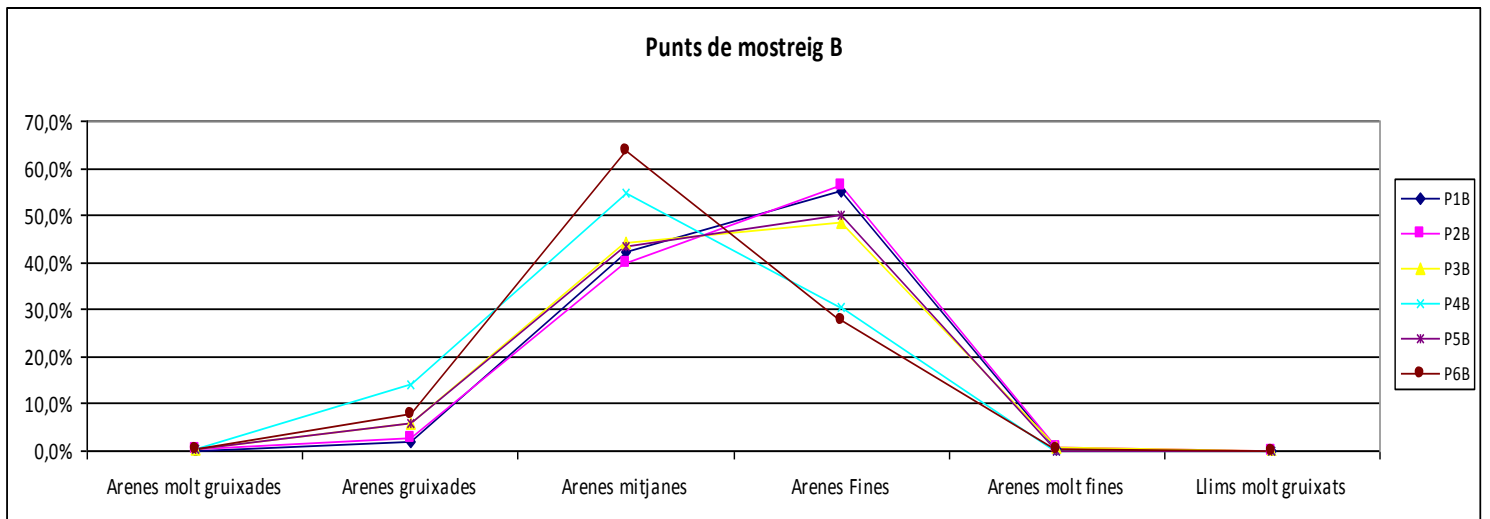
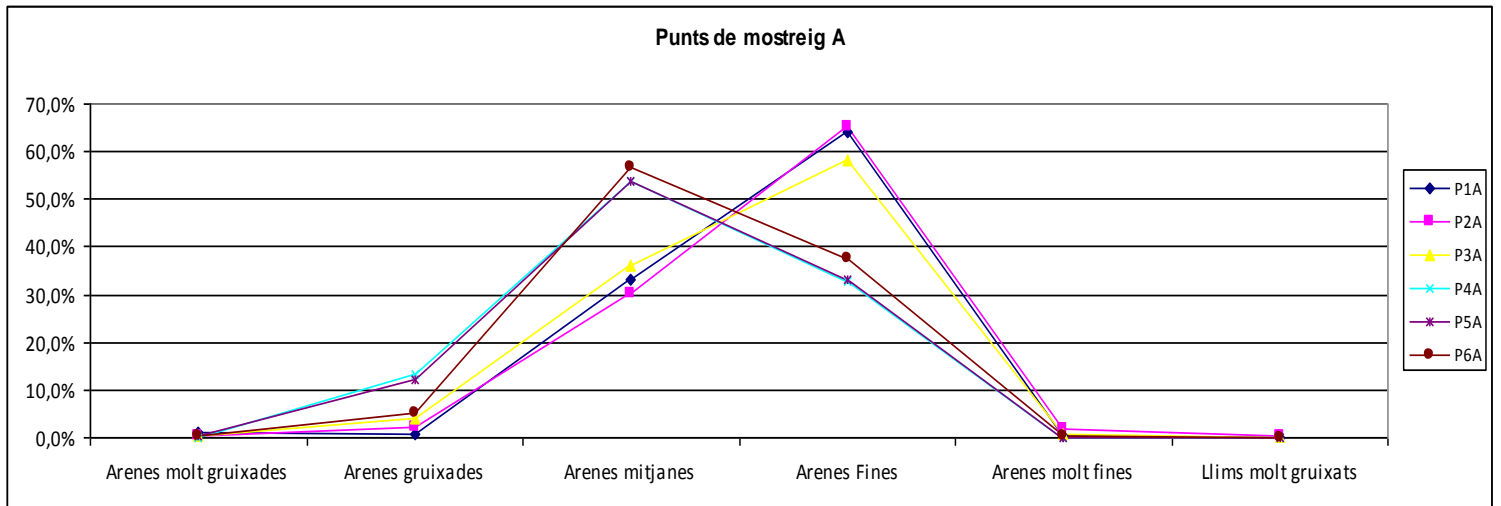
  

	<b>P5A</b>	<b>P5B</b>	<b>P5C</b>
MEAN:	Medium Sand	Medium Sand	Medium Sand
SORTING:	Moderately Sorted	Moderately Well Sorted	Moderately Sorted
SKEWNESS:	Symmetrical	Coarse Skewed	Symmetrical
KURTOSIS:	Mesokurtic	Platykurtic	Platykurtic

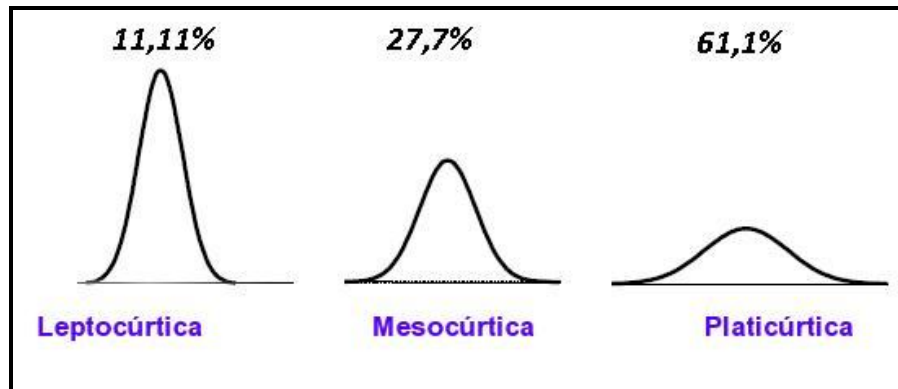
  

	<b>P6A</b>	<b>P6B</b>	<b>P6C</b>
MEAN:	Medium Sand	Medium Sand	Medium Sand
SORTING:	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted	Moderately Well Sorted
SKEWNESS:	Fine Skewed	Fine Skewed	Symmetrical
KURTOSIS:	Platykurtic	Mesokurtic	Leptokurtic

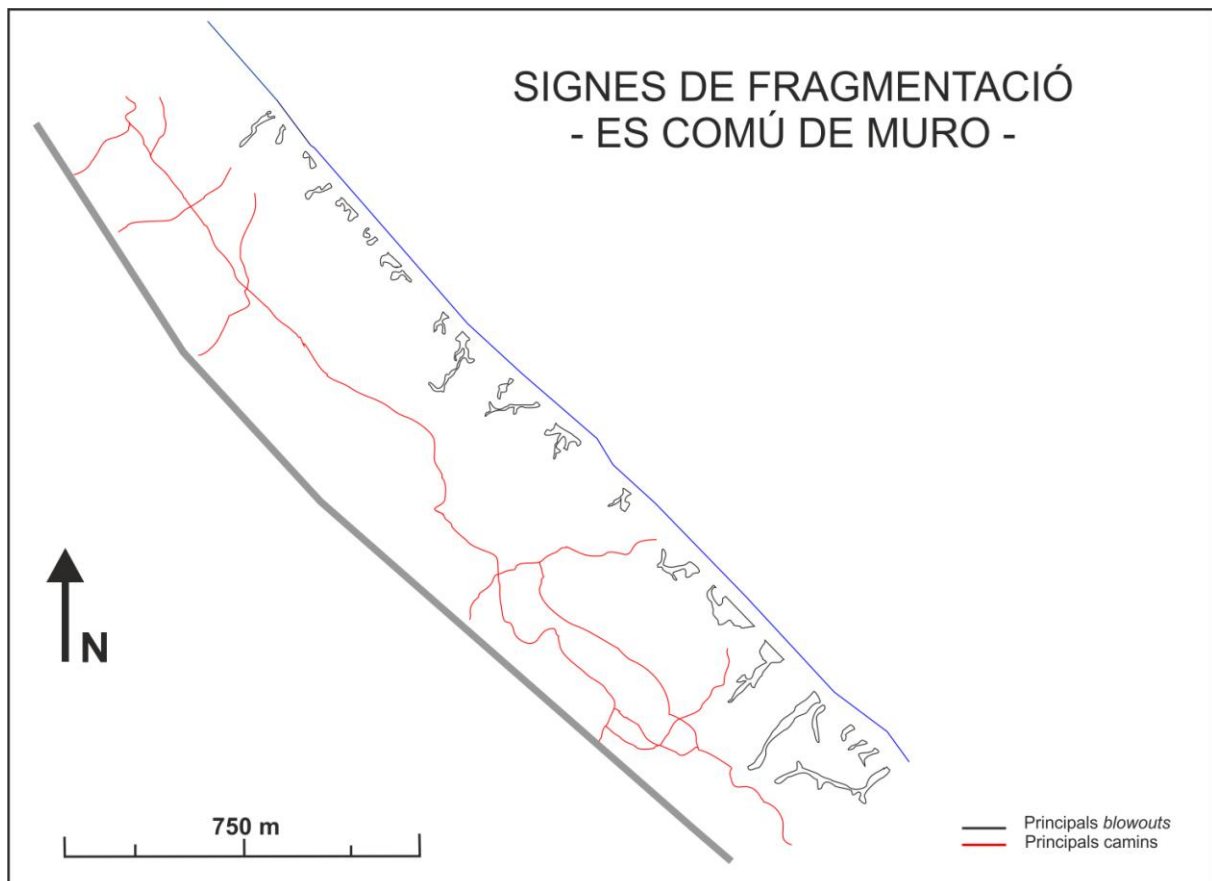
**Taula 13:** Descripció granulomètrica segons el mètode de Folk i Ward (1957)



**Figura 87:** Distribució granulomètrica longitudinal per punts de mostreig.



**Figura 88:** Dades percentuals de les distribucions granulomètriques del sediment mostrejat segons l'índex de Curtosis.



**Figura 89:** Els signes de fragmentació de es Comú de Muro, al igual que en altres sistemes platja-duna de les Balears, es veuen manifestats a través de l'obertura de camí en el seu interior, i a l'obertura de canals de deflació en el seu front dunar.



Si bé la variabilitat en els perfils de platja i el seu sediment es postula avui com un dels millors indicadors a l'hora de reflectir la vulnerabilitat d'aquests ambients, l'anàlisi i valoració d'altres aspectes també pot contribuir a l'aval d'aquesta hipòtesi. Molts dels sistemes platja-duna que avui encara conserven, en certa mesura, les característiques geogràfiques i ecològiques típiques d'aquests ambients, són sens dubte els espais que amb més facilitat expressen els seus signes de degradació. Les seves fràgils condicions naturals, dinàmiques i canviants en períodes curts i espontanis, ajudats de la pressió antropogènica que des de dècades enrere s'ha lligat a aquests sistemes, fan que avui aflorin símptomes clars de fragmentació, amb predominança al seu front dunar, veient-se especialment afectats els cordons de dunes davanteres i semiestabilitzades. Dels varis exemples que avui podem trobar a la illa de Mallorca, el sistema de es Comú de Muro representa a la perfecció l'escenari descrit. Al llarg del seu front dunar, que s'estén arreu d'uns 1,8 km., s'han detectat un total de 58 formes erosives *blowouts* (Figura 89), endemés de 4 zones catalogades com a degradades, que per la seva situació actual no s'han pogut considerar com a formes erosives individuals. La zona de mostreig s'esdevé al llarg del front dunar d'es Comú, repartint-se entre les coordenades N 39° 47. 208' E 003° 07. 859' i N 39° 46. 567' E 003° 08. 519'.

Des del punt de vista geomorfològic, la forma presentada per les plataformes erosives identificades, d'acord amb el que estableix Hesp (1996; 2002) i Hesp i Hide (1996), són de tipus *blowout*, principalment *trough blowout* (56,9%) i de forma mixta entre *saucer-trough blowout* (43,10%). Un fet a remarcar és que al llarg de la zona de mostreig, en la primera línia dunar del sistema en qüestió, no s'identifica de manera clara cap forma tipus *saucer blowout* simple. No obstant, són freqüents i recurrents les formes mixtes formades per una geometria típica dels *trough blowouts* en primera línia, i un lòbul de deflació cap a l'interior, donant forma al que Hesp (1996; 2002) defineix com a *saucer blowouts* (Taula 14 i Figura 90).

L'origen de cada una de les formes erosives identificades té una estructura simple. No obstant, la pressió antròpica ha suposat una fragmentació interna, incrementant-se aquesta en la segona línia dunar. Partint d'aquesta premissa, i tal i com mostra la Taula 14, encara la

majoria de blowouts presenten una estructura simple (62,07%), tot i que les formes ramificades – *branched blowout* – incrementen amb el temps la seva presència (36,21%).

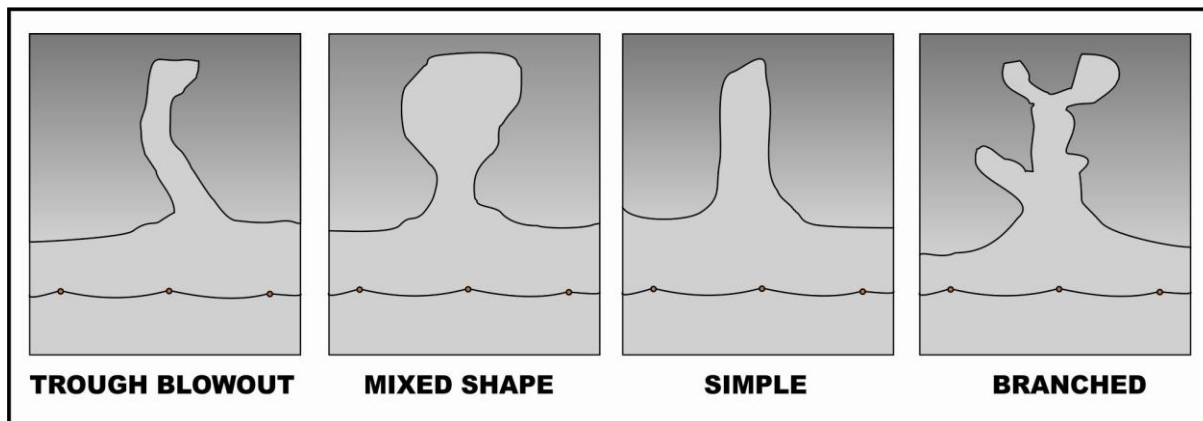
	Tipologies	Total	%
Forma	<i>Trough blowout</i>	33	56,90
	Forma mixta	25	43,10
Estructura	Simples	36	62,07
	Ramificats	21	36,21
Orientació	E-W	32	55,17
	NE-SW	20	34,48
	SE-NW	6	10,34

**Taula14:** Pes percentual de les tipologies de *blowouts* identificats al front dunar de es Comú de Muro.

Una vegada iniciades cada una d'aquestes plataformes d'erosió, la seva subseqüent evolució depèn principalment de la seva amplada inicial, de la magnitud dels vents regionals, i de la pressió antropogènica soferta. No obstant, la combinació de cada un d'aquests factors ha suposat un alt nivell de fragmentació en la primera línia del sistema. Aquest procés es veu manifestat clarament per l'evolució de formes simples com a formes mixtes, o bé cap a *blowouts* ramificats.

A diferència del que altres autors manifesten (Jennings, 1957; Cooper, 1958; Hesp, 1996; Hesp i Hyde, 1996), en la zona d'estudi la magnitud i la direcció dels vents regionals predominants no és el factor més important a tenir en compte en l'origen de les formes erosives *blowout*. A la badia d'Alcúdia, d'acord amb Servera *et al.* (2009), els vents principals bufen principalment de N, accelerant-se a través del corredor d'Alcúdia, i en segon lloc de NE, influenciant directament sobre el desenvolupament i comportament dels sistemes dunars existents. No obstant això, i recordant el postulat pels autors anteriorment citats, el 55,17% dels blowouts analitzats es disposen perpendicularment a la línia de costa, mentre que el 34,48% tenen una orientació NE-SW, suggerint que també la pressió humana ha de ser considerada com un dels elements més importants en quant a la generació d'aquestes plataformes. Schmitt (1994), el qual adscriu que l'estrès, destrucció i consum del sistema de es Comú de Muro es deu al massiu increment de l'activitat turística, dóna peu a recolzar

aquesta hipòtesi, mostrant com la degradació de l'ambient en una escala temporal relativament curta – des de l'any 1968 fins a l'actualitat – és òbvia i palesa.

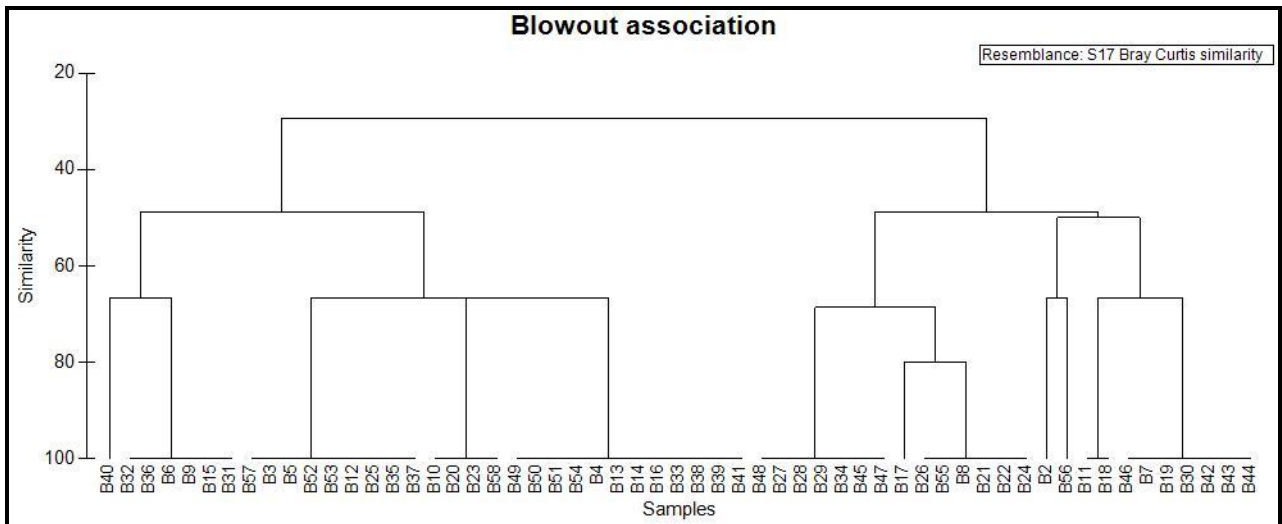


**Figura 90:** Classificació per tipologies dels blowouts analitzats al llarg del front dunar de es Comú de Muro.

Les característiques geomòrfiques presenten una tendència homogènia al llarg de la sèrie mostrejada. Partint d'aquesta consideració no és fa difícil identificar associacions compostes per diferents *blowouts*. Com bé es mostra a la Figura 91, arriben a existir algunes formes que coincideixen entre sí en el 100% de les variables analitzades. De fet, existeixen fins a 8 associacions que respecten aquestes condicions, suposant alhora que només 4 dels 58 *blowouts* analitzats s'hagin de considerar de forma individual d'acord a les seves característiques geomòrfiques (B2, B17, B40 i B56). Com a conseqüència de la tendència exposada, l'anàlisi *cluster* dibuixa una estructura esquemàtica simple (Figura 91), reflectint al mateix temps com totes les formes erosives mostrejades projecten un alt grau de similitud en funció de la seva forma, estructura i orientació. D'aquesta manera, no existeix cap associació simple representada per valors inferiors al 60% de similitud.

No obstant, el màxim nivell de fragmentació no s'assoleix en aquestes formes simples i individuals, sinó que es percep en les zones que, pel seu alt nivell de desestructuració, han estat catalogat com a "zones degradades". De fet, el seu alt nivell de fragmentació ha estat el factor que n'ha dificultat la seva precisa caracterització. Partint d'aquesta premissa, en casos com aquest no seria precís parlar sobre un *blowouts* com a forma o plataforma erosiva, sinó que seria més eficient fer-ho considerant aquestes zones com estructures

composades per vàries formes individuals. Com bé queda reflectit a la Figura 92, aquests emplaçaments representen avui dia greus problemes de sostenibilitat, provocats principalment per la pressió antròpica suposada al llarg de les darreres dècades, i també, per la manca de mesures sostenibles de gestió aplicades.



**Figura 91:** Associacions entre blowouts en funció de les seves característiques geomòrfiques.



**Figura 92:** Exemple, vist en fotografia aèria, d'una de les zones degradades que avui es troben al llarg de es Comú de Muro.



**Figura 93:** Exemple de fragmentació a la part superior de la platja alta de es Comú de Muro, conseqüència del pas de maquinària pesada, fet que potencia i accelera la fragmentació del seu front dunar.

Endemés de la pressió antròpica directa, accions negatives tals com la neteja de la platja amb maquinària pesant han incrementat la situació actual (Figura 93). Del treball i les observacions al camp, es pot concloure que les característiques geomorfològiques d'aquestes zones permeten diferenciar entre dues tipologies diferents: les d'estructura tabular i les d'estructura fragmentada (Figura 94).



**Figura 94:** Exemple de les zones degradades al llarg del front dunar de es Comú de Muro. A la imatge de l'esquerra es veu un exemple de zona degradada fragmentada, mentre que la imatge de la dreta representa el tipus tabular.

Des del punt de vista biològic, les plataformes erosives presenten algunes consideracions dignes de comentar. Sens dubte, els patrons de vegetació psammòfila que es donen en aquests ambients poden ser una de les variables més a tenir en compte en tant a la caracterització conjunta de la sèrie mostrejada. Les característiques de l'ambient estudiat han dut a la distinció entre la vegetació de característiques herbàcies, i arbustives o llenyoses (Taula 15). Del primer grup s'han identificat un total de 19 espècies principals, que amb patrons de recurrència diversos, es manifesten al llarg del front dunar, especialment en la zona de *foredunes*, entre el cordó dissuasori i la zona de dunes davanteres. No obstant, les geofomes de deflació potenciades han fet que la seva evolució hagi anat avançant de cap a l'interior, podent trobar-les amb facilitat a les parts més interiors dels *blowouts*. Del total de les espècies detectades, i considerant com indicador representatiu les associacions entre espècies, es diferencien clarament 3 grups associats (Figura 96). No obstant, i des de la implantació d'algunes mesures dissuasòries aplicades anys enrere, aquestes zones més degradades són les que major colonització vegetal estan experimentant, sobretot vegetació de caràcter herbaci i psammòfil, principalment estesa al llit de les plataformes erosives, o bé al límit superior de la platja alta.

Un primer grup (A), format per un total de 8 espècies – *Crucianella maritima*, *Aetheorhiza bulbosa* subs. *bulbosa*, *Matthiola incana*, *Pancratium maritimum*, *Cutandia maritima*, *Eryngium maritimum*, *Ammophila arenaria* i *Lotus cystisoides* –, es caracteritza per l'alt grau de similitud entre espècies. Dintre de la sèrie es localitzen alguns casos en que aquesta és màxima, com és el cas de *Ammophila arenaria* i *Lotus cystisoides*, que coincideixen en un 100%. Les espècies que resten, tot i que amb unes xifres de similitud lleugerament inferiors, presenten patrons de coincidència notables entre sí, com bé es deixa veure en els casos de *Eryngium maritimum* i *Cutandia maritima* (91,42%), o *Aetheorhiza bulbosa* subs. *Bulbosa* i *Matthiola incana* (82,97%). A nivell general, la mitja de coincidència que caracteritza aquest primer grup es mou dins el rang 80-100 %. Les espècies herbàcies del grup A presenten un alt grau de correlació amb les espècies que, en el còmput global del mostreig, són més freqüents (Figura 95). Així, el rang de presència d'aquestes espècies es mou entre les 43 ocasions en les que s'ha identificat *Crucianella maritima*, i les 58 vegades que s'han

identificat *Ammophila arenaria* i *Lotus cystioides*, suposant una recurrència mitjana del 87,93%.

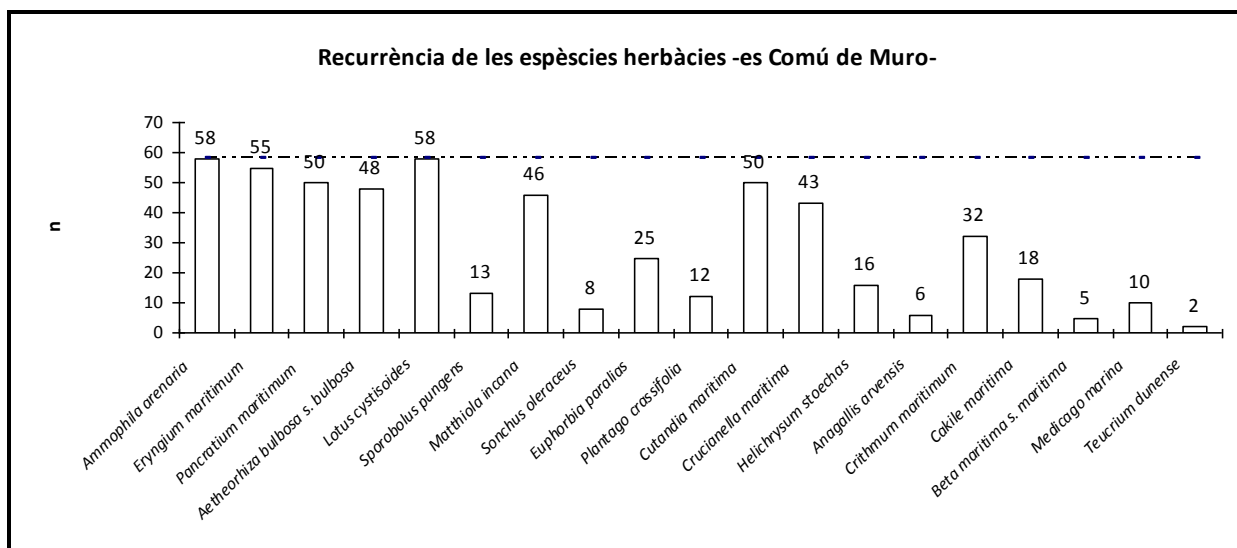
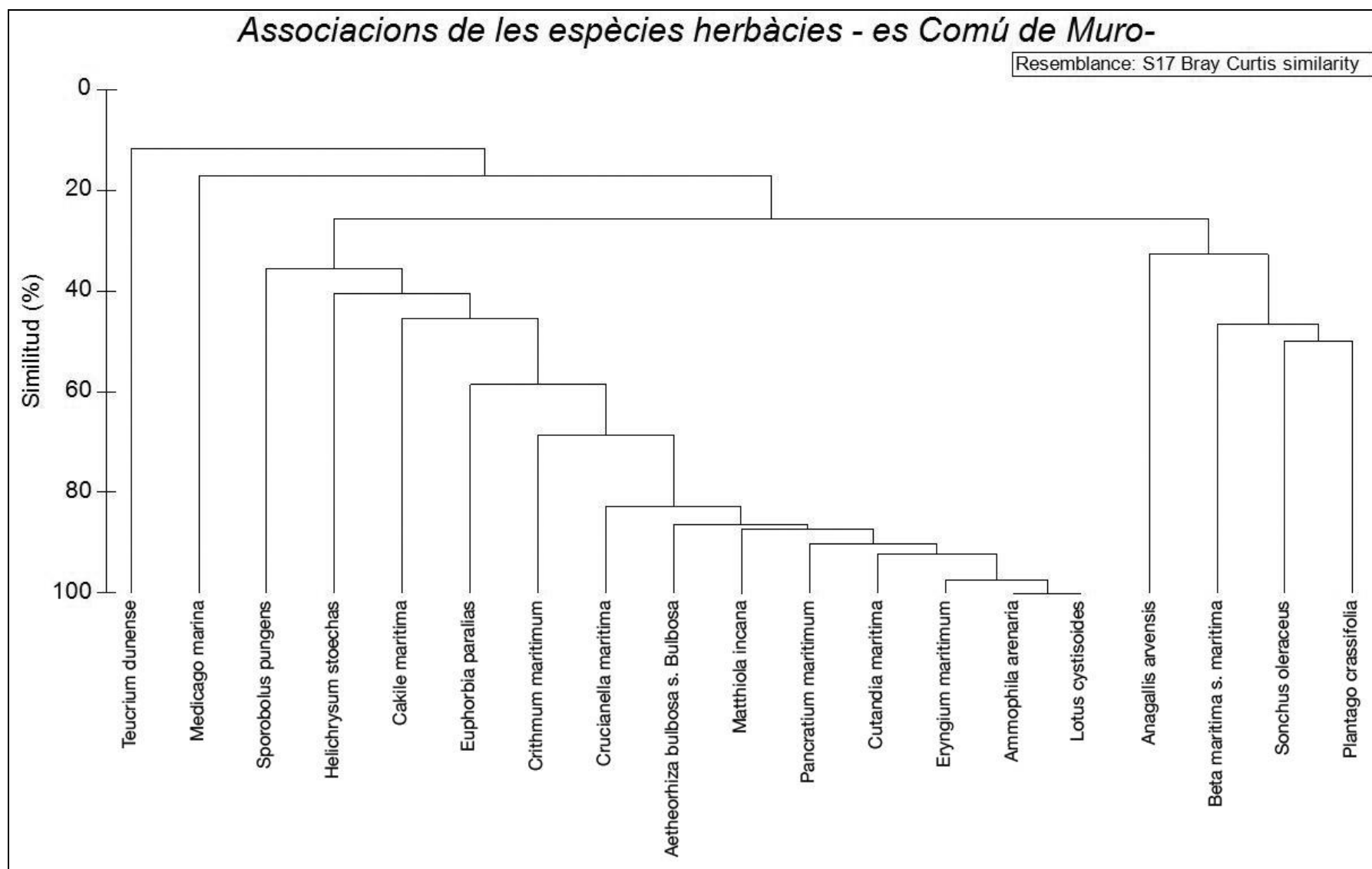


Figura 95: Recurrència d'espècies herbàcies al llarg de la sèrie mostrejada.

Un segon grup (B) podria considerar-se de transició ja que, de manera progressiva, el grau d'associació entre espècies va disminuint. Aquest segon conjunt, format per un total de 9 espècies – *Crithmum maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Cakile maritima*, *Helichrysum stoechas*, *Sporobolus pungens*, *Plantago crassifolia*, *Sonchus oleraceus*, *Beta maritima subs. maritima* i *Anagallis arvensis* –, es caracteritza per un menor rang de coincidència entre espècies, i per tant també, per una major heterogeneïtat en tant als patrons d'associació. Dintre dels valors resultants, l'associació més important és la que es dona entre *Crithmum maritimum* i *Crucianella maritima*, amb un valor de coincidència que es situa en el 66,66%, mentre que l'associació entre *Sporobolus pungens* i *Helichrysum stoechas* es postula com la de menor importància dintre del grup B, amb tan sols un 20,69% de coincidència. Entre mig també es relacionen entre sí *Euphorbia paralias* i *Crithmum maritimum* (56,14%), i *Anagallis arvensis* i *Beta maritima subs. maritima* (36,36%).





**Figura 96:** Representació gràfica de les associacions i el grau de similitud entre les espècies herbàcies principals identificades a la sèrie de *blowouts* mostrejada al sistema de es Comú de Muro. Mètode *Cluster*.



<b>Herbàcies</b>	<b>Total</b>	<b>Total BO</b>	<b>%</b>
<i>Ammophila arenaria</i> (A)	58	58	100,00
<i>Eryngium maritimum</i> (A)	55	58	94,83
<i>Pancratium maritimum</i> (A)	50	58	86,21
<i>Aetheorhiza bulbosa</i> subs. <i>bulbosak</i>			
(A)	48	58	82,76
<i>Lotus cystisoides</i> (A)	58	58	100,00
<i>Sporobolus pungens</i> (B)	13	58	22,41
<i>Matthiola incana</i> (A)	46	58	79,31
<i>Sonchus oleraceus</i> (B)	8	58	13,79
<i>Euphorbia paralias</i> (B)	25	58	43,10
<i>Plantago crassifolia</i> (B)	12	58	20,69
<i>Cutandia maritima</i> (A)	50	58	86,21
<i>Crucianella maritima</i> (A)	43	58	74,14
<i>Helichrysum stoechas</i> (B)	16	58	27,59
<i>Anagallis arvensis</i> (B)	6	58	10,34
<i>Crithmum maritimum</i> (B)	32	58	55,17
<i>Cakile maritima</i> (B)	18	58	31,03
<i>Beta maritima</i> subs. <i>maritima</i> (B)	5	58	8,62
<i>Medicago marina</i> (C)	10	58	17,24
<i>Teucrium dunense</i> (C)	2	58	3,45

<b>Llenyoses</b>	<b>Total</b>	<b>Total BO</b>	<b>%</b>
<i>Halimium halimifolium</i> (C <sub>1</sub> )	2	58	3,45
<i>Pinus halepensis</i> (A <sup>1</sup> )	48	58	82,76
<i>Juniperus oxycedrus</i> subs.			
<i>macrocarpa</i> (A <sub>1</sub> )	58	58	100,00
<i>Pistacia lentiscus</i> (A <sub>1</sub> )	26	58	44,83
<i>Smilax aspera</i> (A <sub>1</sub> )	41	58	70,69
<i>Rosmarinus officinales</i> (B <sub>1</sub> )	11	58	18,97
<i>Phillyrea angustifolia</i> (B <sub>1</sub> )	7	58	12,07
<i>Thymelaea velutina</i> (B <sub>1</sub> )	11	58	18,97

**Taula 15:** Presència i abundància de les espècies identificades a la sèrie de mostreig.

Finalment diferenciem un tercer grup (C), el manco representatiu de la sèrie mostrejada en tant al número de espècies que el formen, amb un total de 2 – *Teucrium dunense* i *Medicago maritima* –, coincidint ambdues en un 16,67%. Aquestes dues espècies, i com bé queda reflectit a la Figura 96, es relacionen amb l'associació que pertany al grup B, materialitzada per *Sporobolus pungens* i *Anagallis arvensis*, amb un 21,05%. En aquest darrer cas, i a l'igual que passava al grup A, existeix una correlació notable entre el baix grau d'associació projectat per aquestes dues espècies i la seva recurrència al llarg de la sèrie. Així doncs, *Teucrium dunense* i *Medicago maritima* es caracteritzen també per la seva baixa presència al llarg de la zona estudiada, localitzant-se tan sols en un 3,44% i 17,24% respectivament. No obstant, altres espècies que formen part del grup B, i per tant que presenten nivells d'associació majors, també es caracteritzen pel seu baix grau de presència en el total mostreat. Exemples clars en són *Anagallis arvensis* (10,34%) o *Sporobolus pungens* (22,41%).

Sens dubte, la vegetació herbàcia té un paper imprescindible en quant a la iniciació de noves estructures arenoses. Aquesta importància no és diferent a la zona estudiada, ja que d'ella depèn la creació del incipients *foredunes* o *shadow dunes*. Tal i com remarca Hesp (2002), per una òptima i progressiva creació i evolució dels *foredunes* és necessària l'existència de vegetació perenne, fet que permetrà l'evolució i el creixement d'aquestes formes a llarg termini. Així, les formacions arenoses embrionàries a la zona d'estudi, i ja com defineixen alguns autors (Bate i Fergusson, 1996), es desenvolupa a través de l'acumulació de sediment arenós en zones vegetades, on el vent, degut a la resistència que suposen les plantes psammòfiles herbàcies, disminueix la seva velocitat i deposita els grans d'arena a la superfície.

Les característiques de la platja estudiada no faciliten el desenvolupament d'aquestes formacions. El reduït espai de transició entre el *backshore* i el sistema dunar fa que el terreny disponible pel desenvolupament de les primeres formacions arenoses sigui notablement limitat. La forta pressió antròpica que aquesta platja rep en temporada alta, junt a la falta de consciència per part dels usuaris, fa que les condicions no siguin òptimes pel

desenvolupament de la vegetació psammòfila en la primera línia dunar. Així s'ha pogut percebre com en temporada baixa, al llarg dels mesos hivernals, la progradiació de la vegetació cap a la platja alta és perceptible, mentre que a finals de la temporada alta, un cop la platja s'ha vist sotmesa a una forta pressió humana, aquesta vegetació ha desaparegut quasi per complet. No obstant, algunes mesures poden potenciar, o si més no protegir una franja a fi d'afavorir el creixement de vegetació herbàcia i el posterior desenvolupament de *foredunes*. Aquest és el cas de la platja de es Comú de Muro, on des de fa uns anys, s'instal·laren cordons de protecció que separen la platja alta del sistema dunar. Aquesta infraestructura ha permès reservar un petit espai protegit de la pressió antròpica, sobretot en temporada alta, facilitant les condicions necessàries pel desenvolupament de formacions arenoses embrionàries (Figura 97). Si bé és cert que la seva dinàmica és encara incipient i heterogènia al llarg del front, des d'alguns anys enrere el desenvolupament d'aquests ambients permet pensar en una tendència positiva pel que fa a la recuperació del primer cordó de dunes. En el cas d'estudi, del 58 *blowouts* identificats, 56 estan vetats pel cordó de protecció, suposant això un 96,55% sobre el total de punts mostrejats. No obstant, el grau de presència de *foredunes* o *shadow dunes* identificables és notablement inferior (63,8%), demostrant que el nivell de correlació entre la presència del cordó de protecció i el desenvolupament d'estructures arenoses no sempre és representatiu. Aquesta correlació augmenta si es compara la recurrència de *foredunes* amb la colonització de vegetació herbàcia (51,72%). Això ve a demostrar d'una manera clara el que altres autors ja defensen en les seves hipòtesis, ja que en aquest cas, en tan sols 7 ocasions no es produeix una sinèrgia entre l'existència de *foredunes* i la presència de vegetació herbàcia (Taula 16).

Qualitative variables	Total	Total BO	%
Protection cordon	56	58	96,55
Wind interference barriers	18	58	31,03
Roots outcrops	57	58	98,28
<i>Posidonia oceanica</i> rests	58	58	100,00
Ripples	37	58	63,79
Vegetation colonization	30	58	51,72
Foredunes	37	58	63,79
Fragmentation level	57	58	98,28

**Taula 16:** Anàlisi de presència/absència de variables qualitatives analitzades.



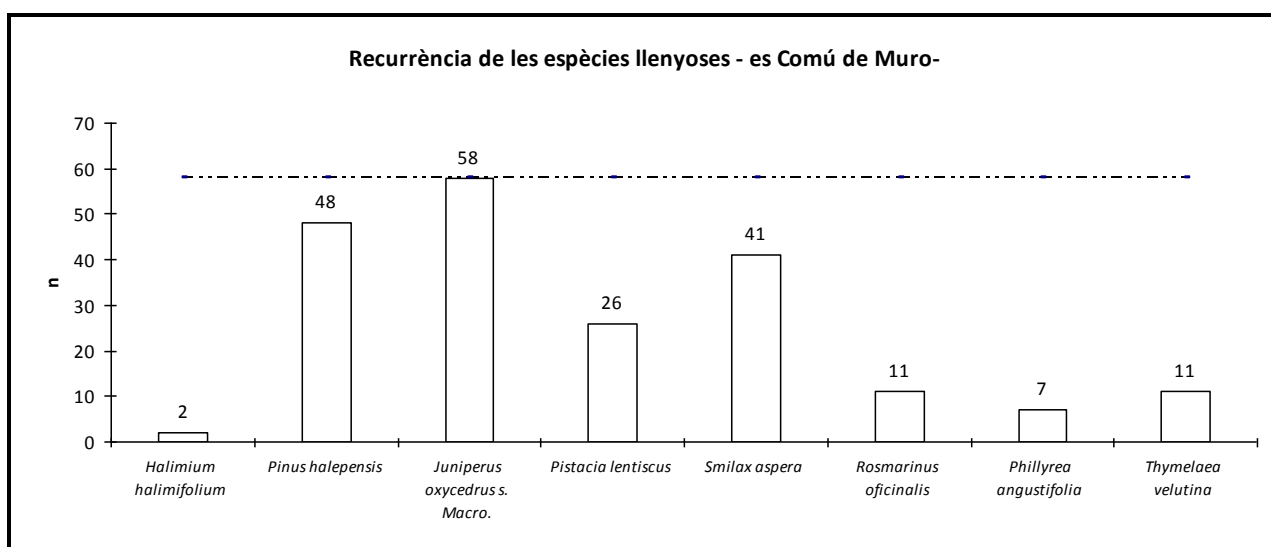
**Figura 97:** Vista de la franja de *foredunes* a la platja estudiada.

El segon estrat vegetatiu a considerar, característic també d'aquests ambients, és el que presenta propietats arbustives. Si la vegetació herbàcia la trobem a les parts més baixes del front dunar, just a l'espai de transició amb la platja alta, les espècies llenyoses es troben, bé a la part superior del front, o bé a la part més interior de les plataformes erosives, ja amb transició amb les depressió interdunar posterior. La varietat d'espècies arbustives a la zona mostrejada no és tant considerable com en el cas de la vegetació herbàcia. Així s'han identificat un total de 8 espècies principals – *Pinus halepensis*, *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*, *Smilax aspera*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia*, *Thymelaea velutina*, *Rosmarinus officinalis* i *Halimium halimifolium* –, que amb diferents patrons de distribució i recurrència, també presenten associacions dignes de comentar (Figura 99).

A l'igual que amb la vegetació psammòfila herbàcia, de l'anàlisi *cluster* realitzat es diferencien tres grups distints en tant a les associacions entre espècies al llarg del mostreig. En el primer grup ( $A_1$ ) es poden identificar un total de 4 espècies, les quals es mouen en un índex de similitud que oscil·la entre el 65,67% i el 90,56%. Dintre d'aquest ventall, la màxima presència la trobem amb la coincidència que reflecteixen *Pinus halepensis* i *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* (90,56%). Amb aquestes dues espècies també es relaciona considerablement la liana *Smilax aspera*, que amb *Pinus halepensis* té un grau de

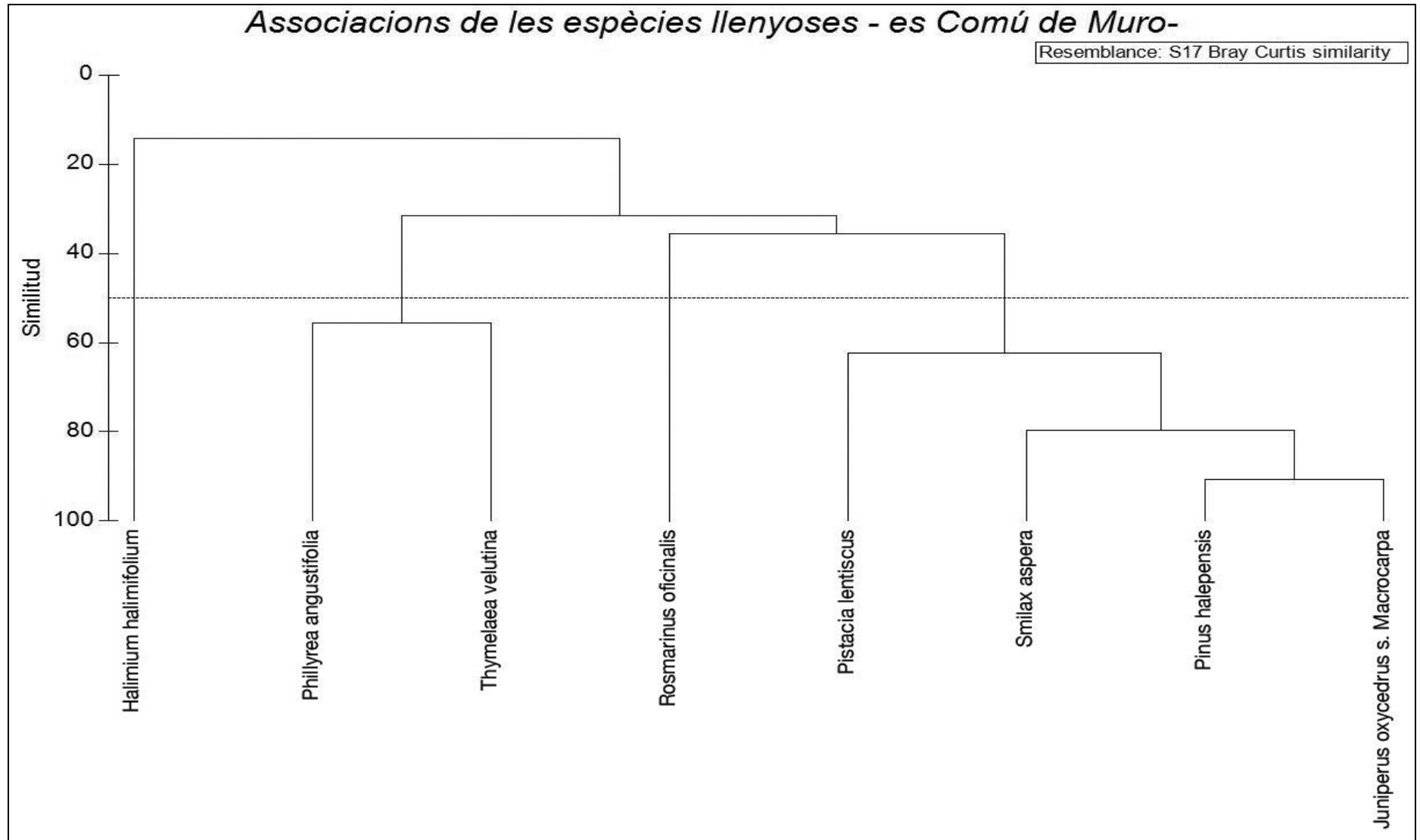
coincidència del 76,4%, mentre que amb *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* el té del 82,82%. Tancant ja el grup A<sub>1</sub> trobem *Pistacia lentiscus*, també relacionant-se en un 65,67% amb *Smilax aspera*, i disminuïnt lleugerament el seu grau d'associació si la relacionem amb *Pinus halepensis* (59,45%) o *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* (61,90%).

Existeix una alta correlació entre les espècies amb major índex de similitud i les més recurrents al llarg de la sèrie de mostreig. Com bé es reflecteix a la Figura 98, l'espècie més comú és *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*, localitzant-se en cada un dels *blowouts* analitzats, seguit de *Pinus halepensis* (48) i *Smilax aspera* (41).



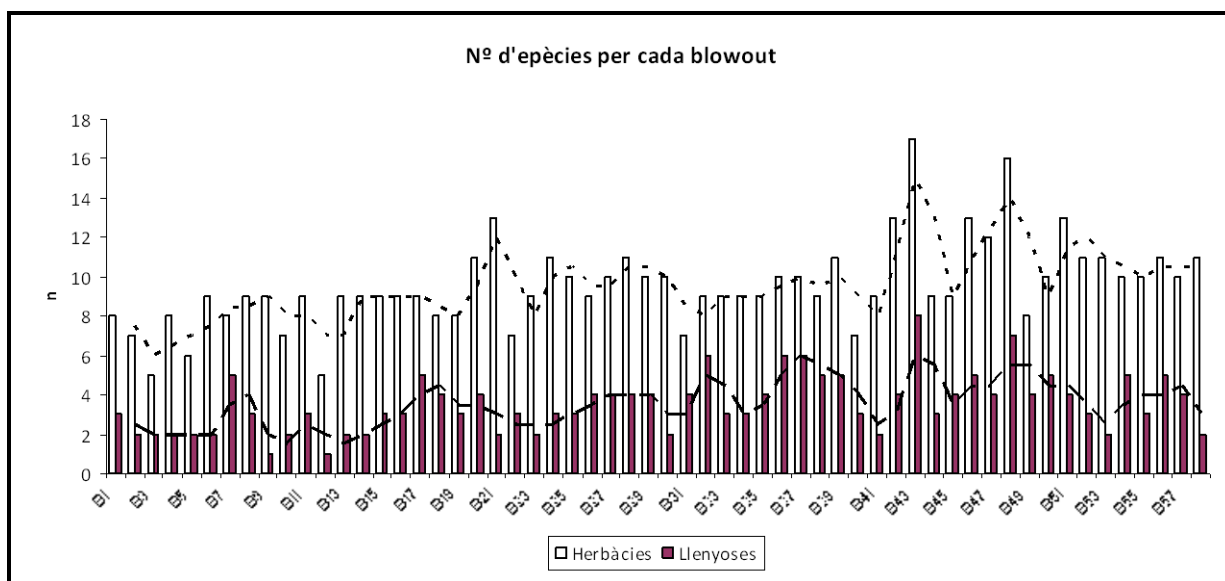
**Figura 98:** Recurrència d'espècies llenyoses al llarg de la sèrie mostrejada.

Un segon grup (B<sub>1</sub>) es compon de 3 espècies – *Rosmarinus officinalis*, *Thymelaea velutina* i *Phillyrea angustifolia* –, tot i que dues d'elles mantenen un grau de similitud més elevat, amb valors que es podrien aproximar als del grup A<sub>1</sub>. Així, *Thymelaea velutina* i *Phillyrea angustifolia* coincideixen en un 55,55%, relacionant-se ambdues amb *Rosmarinus officinalis* amb valors al voltant del 35%. Aquesta darrera es postula com l'enllaç entre el grup A<sub>1</sub> i B<sub>1</sub>.



**Figura 99:** Representació gràfica de les associacions i el grau de similitud entre les espècies llenyoses principals identificades a la sèrie de *blowouts* mostrejada al sistema d'es Comú de Muro. Anàlisi *Cluster* segons el mètode *Bray Curtis similarity*.

Finalment trobem un darrer grup ( $C_1$ ), format per una sola espècie, *Halimium halimifolium*, que en el conjunt general, també degut a la seva poca presència al llarg de la sèrie (Figura 99), és la que projecta un menor grau d'associació. És així que en aquest cas també, existeix una alta correlació entre la recurrència de l'espècie i l'associació que aquesta manté amb les altres.



**Figura 100:** Riquesa d'espècies herbàcies i llenyoses en cada un dels *blowouts* analitzats.

Si la importància de la vegetació herbàcia passava per la seva interacció amb el vent, provocant així la posterior deposició de sediment en superfície, la vegetació arbustiva en primera línia dunar s'ha de remarcar per la seva funció fixadora. El seu creixement, expressat per l'extensió i l'assentament de les seves arrels als substrat, es postula com un mecanisme tan important com necessari a l'hora d'aconseguir una estabilitat al cordó de dunes semiestabilitzades, i fer d'aquests uns ambients resistents en front a l'erosió eòlica o antròpica. El descalçament de la vegetació suposa sens dubte una alteració, irreversible en molts casos, pel que fa a la pèrdua de sediment en primera línia, potenciant l'erosió directa, i també, l'acceleració de formes erosives *blowouts*. Un dels signes més representatius en quant a la vulnerabilitat que el front dunar té vers la pèrdua de sediment n'és la presència o l'absència d'arrels penjant. En el cas que ens ocupa, existeix desgraciadament una alta correlació entre el seu estat de fragmentació i la superfície de front impregnada per arrels que afloren (Figura 101). És així que de la sèrie de formes erosives analitzada, la presència

d'arrels és present en 98,28% dels punts mostrejats, verificant de forma empírica els signes de degradació que caracteritzen aquest indret.



**Figura 101:** Descalçament de *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* sofert al front dunar de es Comú.

La regressió que des de fa anys es dona a es Comú, potenciada principalment per les tècniques de neteja i la sobrefreqüentació, dibuixa avui un escenari paradigmàtic pel que fa a l'erosió sedimentària dunar. Les arrels de *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa* són l'element més característic del front en qüestió, apareixent en 57 dels 58 *blowouts* analitzats. De fet, aquestes xifres coincideixen amb l'existència de fragmentació en el front dunar, observada també en un 98,28% dels casos (Taula 16).

No obstant, i ja obviant la gran influència del vent com agent erosiu, l'anàlisi d'altres variables ens fan pensar amb l'explicació que podria donar resposta a l'actual fragmentació del sistema. Si és sabut que fins fa pocs anys es Comú era una zona on les mesures de gestió i control eren inexistents, avui dia algunes mancances encara hi són presents. La transformació quantitativa d'algunes variables analitzades (Taula 16) donen peu a reflexionar sobre alguns aspectes. Si bé és cert que es poden percebre algunes mesures de gestió aplicades, el seu grau d'eficiència i recurrència no projecta un gran optimisme. Dins d'aquestes mesures, la presència del cordó dissuasori n'és la més rellevant, localitzant-se en un 96,55% dels *blowouts* analitzats. Tot i això, aquesta mesura primària no ve acompanyada per l'aplicació massiva d'altres. Exemples clars en són l'existència de trampes eòliques per

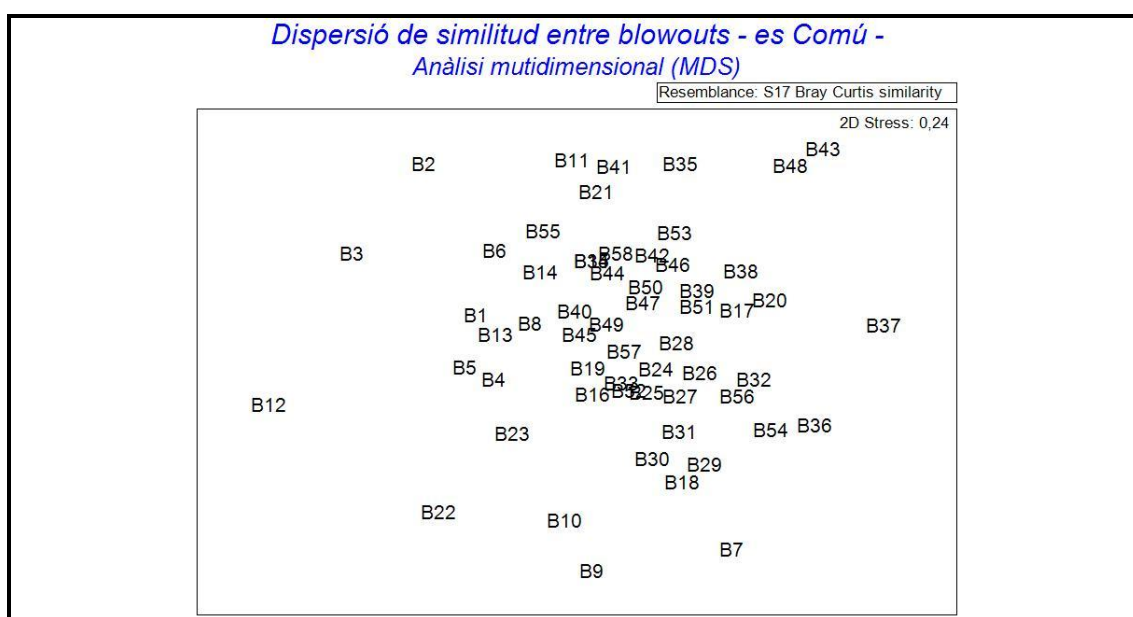


tal d'interferir en la progradació de les formes *through blowout* de cap a l'interior del sistema. Es distingeixen dos tipus distints de trampes, les de canyet, trobades en 18 *blowouts* dels 58 analitzats (31,03%), i les de restes de *P.oceanica*, localitzades en un total de 9 *blowouts* (15,52 %) i de les quals algunes es troben en molt mal estat. Un altre exemple n'és la sembra artificial de *Juniperus oxycedurs subs. macrocarpa* al primer cordó dunar, tot per potenciar la fixació sedimentària d'aquests ambients. Tot i poder ser una mesura beneficiosa per la seva regeneració, aquesta només es troba en 5 punts, representant un 8,62%.

Aquest escenari no és gratuït pel que respecte al seu grau de conservació. La presència de formacions arenoses embrionàries – *foredunes* o *shadow dunes* – només es troba en un 63,79% dels casos, mentre que l'índex disminueix si parlem de la colonització de vegetació herbàcia en primera línia (51,72%). A més, i potenciant alhora la fragmentació del sistema de cap al seu interior, s'han identificat un total de 18 *blowouts* amb existència de camins que es dirigeixen de cap a la depressió interdunar. La manca de gestió ha fet que avui, tot i estar vetat el pas dels usuaris per aquesta zona, encara persisteixin aquests camins, incitant el seu trànsit clandestí.

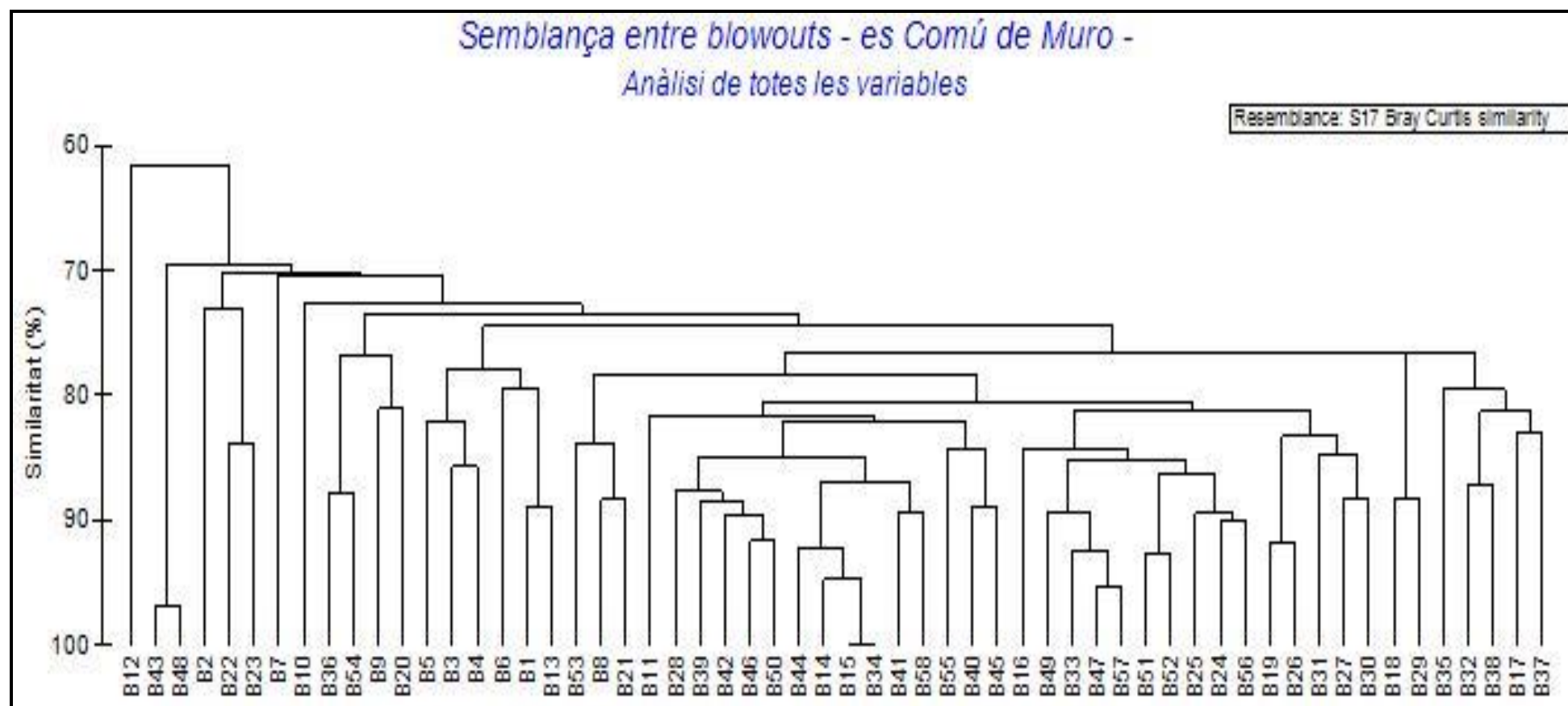
No obstant, si canviem d'escala, tot i la fragmentació generalitzada del front dunar, no totes les formes erosives segueixen els mateixos patrons. Concloent amb la caracterització ecològica de la sèrie mostrejada, les associacions de *blowouts* a nivell general al llarg de la platja d'es Comú de Muro es fan difícilment identificables si es consideren cada una de les variables analitzades – ecològiques i qualitatives –. Com bé es queda reflectit a la Figures 102 i 103, la interpretació global del mostreig es caracteritza principalment per l'absència d'associacions clares. Tot i que en algunes ocasions el grau de similitud entre punts de mostreig s'eleva a la màxima expressió – vegis el cas de B15 i B34, amb un grau de similitud del 100% –, són difícilment apreciables grups significatius de *blowouts* els quals presentin homogeneïtat en quant al comportament de les variables analitzades. Si bé l'anàlisi per separat de variables permet diferenciar grups homogenis (Figures 96 i 99), la consideració de totes les variables a la vegada presenta un grau d'heterogeneïtat més alt, no obstant

sempre expressat en un rang de similitud que oscil·la entre el 60 i el 100%. Si bé algunes de les variables contemplades es poden perfilar com homogeneïtzadores, altres ajuden a potenciar les desigualtats entre els blowouts mostrejats. Exemple n'és l'escassa presència de trampes d'interferència eòlica, tan sols apareixent en un 31% del total, o bé la presència de les espècies amb manco recurrència, com són *Halimium halimifolium* o *Teucrium dunense* (3,45%).



**Figura 102:** Representació bidimensional – sense escala – de l'heterogeneïtat assolida per la sèrie analitzada de *blowouts*. Com queda reflectit en el núvol de punts existeix una divergència considerable entre els *blowouts* analitzats, tot i que també es veuen algunes associacions entre *blowouts* els quals presenten un alt grau de similitud entre les variables analitzades.

Els sistemes platja-duna són un dels trets fisiogràfics més característics de les costes mallorquines. Tot i que aquests, des d'algunes dècades enrere s'hagin associat de manera ferma a l'activitat socioeconòmica lligada a la indústria turística de Sol i platja, la seva interacció amb l'home es remunta segles enrere. Així, la pràctica d'activitat cinegètiques, o bé la seva explotació en tant als recursos forestals es daten, en alguns casos, des del s. XII (Barceló, 1997, 2004). D'altra banda, varis factors semblen indicar, tal i com postula Roig-Munar *et al.* (2009b), que l'activitat agrícola i ramadera també ha pogut esdevenir peça condicionant en el sí d'aquests sistemes, sobretot pel que fa la seva cobertura vegetal.



**Figura 103:** Representació gràfica de les associacions i el grau de similitud entre *blowouts* a partir de totes les variables analitzades – ecològiques i qualitatives – a n'esComú de Muro. Anàlisi *Cluster* segons el mètode *Bray Curtis similarity*.

A raó de la tasca realitzada recentment a Menorca per Roig-Munar *et al.* (2009b), s'ha pogut comprovar, mitjançant l'aplicació d'una senzilla metodologia de mostreig, que una important part dels sistemes dunars a l'illa tenen masses forestals que, formades bàsicament per *Pinus halepensis* Mill., presenten un origen temporal sospitosament similar, donant peu a pensar amb la importància que la mà de l'home ha pogut jugar en tant a l'aspecte i configuració de la seva realitat vegetal actual, tot indicant tendències de discriminació positiva en quant a la presència d'aquesta espècie.



**Figura 104:** Massa forestal al sector nord del sistema d'es Comú de Muro. Canvi de superfície entre 1956 (esquerra) i 2008 (dreta). Font: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat)

El cas de Mallorca podria discernir del de Menorca en tant a les formes, però no a la influència antròpica. En el cas de Mallorca, més que de forestació als sistemes dunars podríem parlar d'alteració o deforestació conseqüència de les pretensions agrícoles.

Exemples clars d'aquestes tendències en són el casos de Santa Ponça o, sobretot, Es Trenc (Figura 105). No obstant, la interferència humana sobre aquests sistemes s'ha anat manifestant a través d'altres usos (Mir-Gual *et al.*, en premsa). Un dels que es tenen més evidències n'és l'explotació dels recursos forestals, sent es Comú de Muro un dels casos més paradigmàtics, fet que queda ben reflectit amb el que conta Barceló (1997; 2004). La seva condició d'espai comunal des del segle XIII fins ben entrat el segle XX, ha fet que al llarg del temps aquest hagi estat un espai on l'explotació dels seus recursos naturals hagi estat intensa i recurrent, afectant de ple la massa forestal del sistema dunar consolidat. A més, l'arribada de l'activitat turística no va obviar

aquest indret, sent objecte d'activitats d'oci i lleure que amb el temps també han esdevingut perjudicials per l'entorn.

<b>ES COMÚ DE MURO</b>				
<b>Nº individus</b>	<b>Joves</b>		<b>Adults</b>	
	<b>Circumferència (cm)</b>	<b>Diàmetre (cm)</b>	<b>Circumferència (cm)</b>	<b>Diàmetre (cm)</b>
1	42	13,38	100	31,85
2	72	22,93	82	26,11
3	54	17,20	86	27,39
4	70	22,29	112	35,67
5	58	18,47	121	38,54
6	43	13,69	85	27,07
7	44	14,01	96	30,57
8	54	17,20	103	32,80
9	55	17,52	121	38,54
10	53	16,88	140	44,59
11	44	14,01	98	31,21
12	69	21,97	109	34,71
13	60	19,11	100	31,85
14	31	9,87	137	43,63
15	37	11,78	94	29,94
16	38	12,10	115	36,62
17	48	15,29	112	35,67
18	39	12,42	120	38,22
19	52	16,56	145	46,18
20	36	11,46	147	46,82
21	35	11,15	126	40,13
22	35	11,15	112	35,67
23	37	11,78	105	33,44
24	42	13,38	115	36,62
25	33	10,51	122	38,85
26	42	13,38	140	44,59
27	44	14,01	104	33,12
28	38	12,10	107	34,08
29	33	10,51	125	39,81
30	45	14,33	166	52,87
<b>Mitjana</b>	<b>46,10</b>	<b>14,68</b>	<b>114,83</b>	<b>36,57</b>

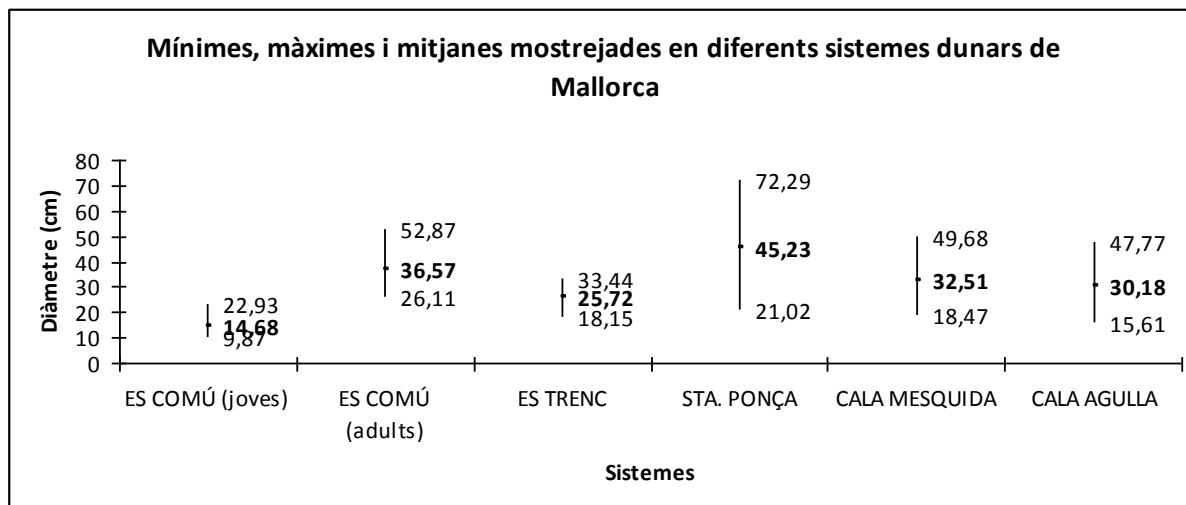
**Taula 17:** Diàmetres i circumferències dels individus mostrejats en el sistema dunar d'es Comú.



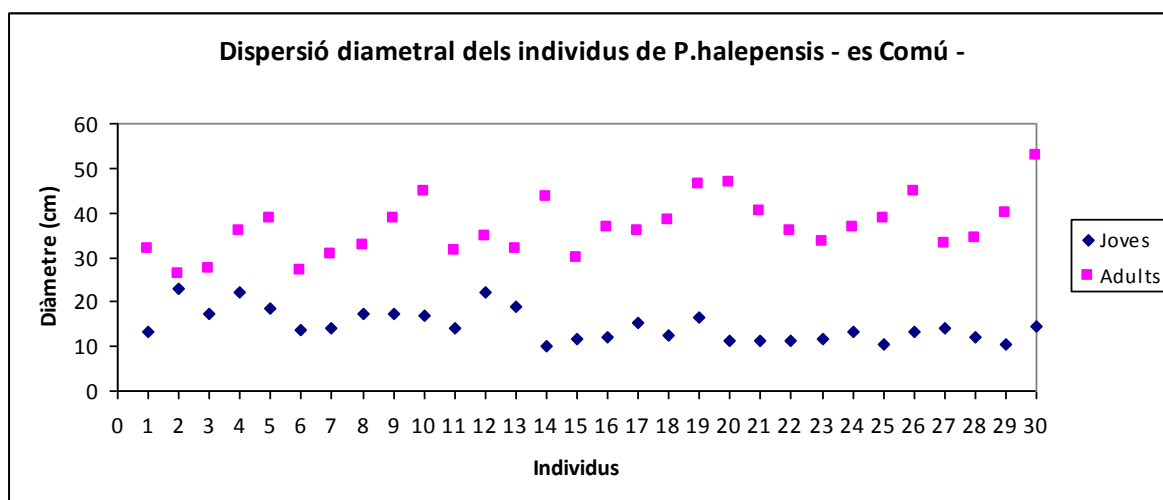
**Figura 105:** Fotograma aeri de Es Trenc, on es veuen les dunes fòssils, actualment dibuixades dins els camps de conreu de la part interior. Aquest esdevé el cas més emblemàtic pel que fa la desforestació dels boscos de *P. halepensis* litorals. Font: [www.ideib.cat](http://www.ideib.cat)

El resultat de les explotacions forestals a la zona d'es Comú encara romanen presents avui. L'aprofitament forestal al llarg de segles, les tals abusives i continuades, i la manca de control han fet que actualment es distingeixin dos estrats arboris clarament diferenciats. A més, i tal com demostra la Figura 104, de l'anàlisi sobre fotogrames aeris se'n deriva que aquesta activitat forestal es va practicar fins ben entrat el segle XX (Barceló, 2004). No obstant, la situació derivada a la zona després de l'inici de l'activitat turística no ha potenciat, en cap moment, la recuperació ecològica de la zona. Des dels primers assentaments urbano-turístics al llarg de la costa a la badia d'Alcúdia, es Comú ha esdevingut una zona altament freqüentada, habilitada fins a finals dels anys 90 com a zona de picnic i càmping. Aquest escenari ha suposat que avui, l'associació de pins joves a es Comú (Figura 106), es postulin com un fiable indicador de la importància que les intervencions de caire antròpic hagin pogut tenir.

Segons Mir-Gual *et al.* (en premsa), al cas d'es Comú n'ha estat precis establir una diferenciació entre els individus mostrejats degut a la diferència entre la seva mida i edat. Així, es distingeix entre pinar més jove i més vell, que, tal i com es percep a la Figura 106, discerneixen notablement en tant a les tendències de diàmetres seguides en ambdós casos.



**Figura 106:** Tendències màximes, mínimes i mitjanes de *P.halepensis* mostrejats en distints sistemes dunars consolidats a l'illa de Mallorca (Mir-Gual *et al.*, en premsa).



**Figura 107:** Representació gràfica de la diferència de diàmetre projectada entre els individus de *P. halepensis* mostrejats, en funció del seu diàmetre.

La diferència entre les mitjanes de pins joves i adults (21,8 cm) reflecteix quantitativament la diferència entre les edats d'ambdues categories. Els pins de més edat es manifesten a través de característiques plenament arbòries, acompanyades d'un sotabosc arbustiu. Aquest estrat es troba a la part més interior del sistema, tot i que com es pot observar a la Figura\_, al llarg de les darreres dècades ha sofert un cert

deteriorament. El pinar jove es troba més proper a la línia de costa, fent frontera a la part interior amb el pinar adult, i a la franja més costanera amb les comunitats arbustives psammòfiles, dominades per *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*.



## **CAPÍTOL 4. CONCLUSIONS**

---

La variabilitat de les platges és sens dubte la seva principal característica. Aquestes no es mantenen fixes en una única posició, sinó que varien el seu perfil, configuració i planta al llarg del temps. Al ser espais tan dinàmics, en on un gran nombre de factors i agents hi tenen lloc, la vulnerabilitat front al seu canvi morfològic queda justificada. No obstant, aquests espais també poden ser ràpidament modificats per accions antròpiques o pel comportament dels seus usuaris.

Tot i ser aquest un tema eminentment conegut, el present treball ens permet, a través dels resultats presentats anteriorment, avaluar d'aquesta vulnerabilitat, no tan sols pel que fa a la platja alta, sinó també al llarg del sistema platja-duna.

Els canvis morfològics que aquests sistemes presenten són palesos des d'una perspectiva històrica. No obstant, la tasca que es presenta intenta avaluar també com aquests canvis no necessiten d'un dilatat temps per produir-se, sinó que també són perfectament perceptibles en una escala temporal més reduïda, parlant així de canvis anuals, estacionals, mensuals, i inclús setmanals.

D'altra banda, a més dels temporals, aquests canvis també es produeixen des del punt de vista espacial. Un bon exemple per a explicar-ho i verificar-ho n'és la zona d'estudi, que amb una extensió aproximada als 3 km, demostra com es produeixen recurrentment variacions substancials entre el comportament de la platja urbana de Can Picafort i el que es succeeix al sector natural de es Comú.

Així, es pot constatar que la línia de costa compresa entre els sectors de Can Picafort i es Comú de Muro ha rebut variacions importants al llarg del període d'estudi 2009-2010. No obstant, les diferències existents entre el sector natural i l'urbà són notablement apreciables. En termes generals, la variabilitat de la platja urbana és considerablement més elevada que en el cas dels sectors manco antropitzats. Els patrons de freqüentació i les tècniques utilitzades per gestionar la platja emergida susciten una alta correlació en tant als canvis en els perfils de platja. La platja urbana en sí és la de major variabilitat,

mentre que la seva prolongació de cap al nord dibuixa un traçat de línies més homogènies, reflectint així el comportament enregistrat a la zona central de es Comú – franja natural –. El retorn a la heterogeneïtat de cap al sector nord de la platja respon de nou a causes antròpiques. El fet de coincidir amb una de les principals entrades a la platja, una zona de pàrquing i el límit de la planta hotelera de les Platges de Muro, fa que la tendència de variabilitat repeteixi els patrons seguits a la platja urbana. Així, les mesures individuals dels perfils 1 (38,33 m), 2 (37,33 m) i 3 (43,92 m), localitzats dins la platja urbana, són els que discerneixen més de la mitja global (33,67 m), mentre que en el sector amb manco pressió antròpica, concretament en la seva part central, al perfil 5 (19 m), la variabilitat disminueix, inclús per sota de la mitjana.

Els canvis morfològics també s'han produït a escala temporal. Segons els resultats obtinguts, es pot verificar com les màximes longituds de platja alta s'han donat al llarg dels mesos de gener (40 m), març (38,5 m) i maig (35,5 m), coincidint amb el període on la freqüentació antròpica és gairebé inexistent, a més de contemplar importants acumulacions de restes de *Posidonia oceanica* sobre la platja emergida, augmentant-se així les seves dimensions. Alguns en són els factors que potencien aquestes tendències. En temporada hivernal, les acumulacions de *Posidonia oceanica* al *backshore* insten al creixement substancial de la platja emergida, fet que suposa automàticament un augment de la seva longitud. Així, es percep com en els mesos de gener, març i maig de 2010, les banquetes de *P.oceanica* assoleixen la seva màxima superfície, allargant la longitud del *backshore* i dotant la platja d'unes estructures de defensa front a temporals d'onatge. En detriment a aquesta situació, la retirada d'aquesta fanerògama en vistes posades a la temporada turística, accelera la desprotecció de la platja vers a l'energia refractada per les ones, que junt a l'alteració provocada per l'ús massiu de l'espai, suposa un retrocés de la línia de costa i per tant també, una disminució de l'espai utilitzable. En resposta a aquesta situació, en els mesos de juny (31 m), agost (28,8 m) i octubre (28,4 m) de 2010 s'han assolit progressivament les mínimes en quant a la longitud de la platja emergida.

Els canvis en els perfils de platja alta – demostrats verticalment i horitzontalment –, duen directament associades modificacions en els volums sedimentaris de la part emergida, esdevenint aquestes un dels problemes que més inquietuds suposa als agents

socioeconòmics implicats a la franja litoral arenosa de les Illes Balears. Més que a nivell espacial, aquestes variacions es presenten més significatives si són valorades des d'una perspectiva temporal, determinant la seva caracterització en funció de la seva pròpia estacionalitat. De fet, existeix una forta correlació entre l'existència de bermes de Posidonia i els dies de major volum sedimentari. Així, al llarg del període d'estudi s'han assolit els volums sedimentaris màxims en els mesos de gener ( $740.930 \text{ m}^3$ ) i març ( $715.933 \text{ m}^3$ ). Al igual que succeeix amb la longitud del *backshore*, els volums sedimentaris més baixos de la platja alta en el període 2010-2011 els trobem al juny ( $594.594 \text{ m}^3$ ), agost ( $548.779 \text{ m}^3$ ) i octubre ( $500.065 \text{ m}^3$ ). Partint d'aquesta consideració, la interpretació del volum sedimentari es pot postular com un altre dels paradigmes que inciten a pensar amb la importància que té la simbiosi entre factors naturals i antropogènics en tant a la modificació de la platja.

Els volums sedimentaris de platja també es perfilen com un agent diferenciador entre el sector urbà i el natural. Es percep així una clara diferenciació entre la situació seguida a la platja més antropitzada, on hi trobem volums sedimentaris menors, i la que es manifesta a la zona d'es Comú, on els valors incrementen substancialment. En el cas dels perfils 1 ( $438 \text{ m}^2$ ) i 2 ( $431 \text{ m}^2$ ), localitzats al davant del passeig marítim, es registren les superfícies mínimes, mentre que els valors augmenten en els perfils del sector natural, amb la màxima al perfil 3, arribant als  $738 \text{ m}^2$ .

Aquestes diferències espacials també es manifesten des del punt de vista geomorfològic. El condicionament de la platja urbana, sobretot en temporada alta, fa que el seu estat d'homogeneïtzació sigui molt més elevat que en el cas del sector més natural, on l'efecte de la maquinària pesant utilitzada per aplanar, oxigenar i netejar la platja no hi és tant present. En aquest sentit la interferència de la mà de l'home en tant a la modificació de la superfície de platja alta es torna a postular com a justificant de les esmentades diferències. L'ús de tècniques dures de neteja, i la sobrefreqüentació incontrolada de la superfície emergida a nivell diari, fan que la compactació sedimentària de la platja sigui superior en els sectors de platja urbana, disminuint així la seva vulnerabilitat front als canvis morfològics dels perfils. Així doncs, de nou es mostren divergències entre els perfils 1 i 2 per una banda – amb un desnivell mitjà de  $-4\text{m}$  –, i la resta per l'altra, amb perfils de

platja més irregulars i escarpats, amb desnivells mitjans superiors que oscil·len entre els -4 i -6 m.

Si bé els patrons que moltes variables ens han mostrat tracen camins distints, manifestant a la vegada el diferent comportament entre la platja urbana i la natural, les evidències de temporals a la platja alta es postulen en una mateixa tendència. Queda patent la gran capacitat que els temporals de mar poden arribar a tenir sobre l'estat i la fisonomia del *backshore*.

Els resultats obtinguts verifiquen la capacitat que els temporals de mar poden tenir en tant a la interferència de la realitat emergida. Si bé aquests s'esdevenen principalment al llarg de la temporada hivernal, els punts de màxims temporals demostren de la capacitat que aquests poden tenir per modificar i alterar la primera línia de dunes – *foredunes* –, activant així mecanismes erosius. En el cas de la platja urbana, aquests poden suposar greus problemes de caire econòmic, com ja quedà demostrat també a la platja urbana de Can Picafort amb el temporal de llevant que hi hagué al 2001, derivant danys materials a les instal·lacions turístico-hoteleres situades en primera línia.

Pel que fa al sediment de platja a la zona estudiada, i a l'igual que succeeix arreu dels sistemes platja-duna a les Balears, el seu origen és principalment bioclàstic, amb les prades de *P. oceanica* com a principal bressol de subministrament. El sediment de la badia d'Alcúdia, i concretament el del sector comprès entre el nucli de Can Picafort i les platges de Muro, es manifesta principalment per arenes de tamanys mig i fi. En el cas d'estudi el sediment es caracteritza quasi amb exclusivitat per arenes (99,76%), de les quals hi predomina la fracció d'arenes mitges (45,52%) i arenes fines (41,15%), suposant ambdues una mitja del 86,67% sobre el total.

Tot i seguir patrons definits, algunes en són les diferències que en aquest cas també es deixen percebre entre el sector urbà i el natural. Les arenes fines predominen amb més força sobre el sector emergit de la platja urbana (52,91%), mentre que si parlem d'es Comú hi predominen les arenes mitges (40,02%), i amb menor mesura les gruixades

(5,63%). Aquesta darrera tendència també s'esdevé en el cas de les arenes molt gruixades, més representatives en el sector més natural (4,53 %) que a la platja urbana (0,54 %).

S'ha pogut comprovar com els canvis granulomètrics no només es donen en sentit transversal – és a dir, des de la part superior del *backshore* fins a la zona d'*swash* –, sinó que també ho fan en sentit longitudinal. Dels resultats obtinguts se'n extreu però que els punts de mostreig més heterogenis en la sèrie són aquells que es localitzen a la part baixa de la platja alta, és a dir, a la zona d'*swash*, punt de màxima energia. Això ve a indicar doncs com el pes de la hidrodinàmica en el transport longitudinal de sediment esdevé més important que l'activitat eòlica, que intervé més en el transport perpendicular a la línia de costa.

Coneixent doncs el comportament hidrodinàmic en el sector nord de la badia d'Alcúdia, manifestat en part per les corrents longitudinals S-N, i atenent a la distribució granulomètrica manifestada al llarg de les platges estudiades, tot fa pensar fermament amb la relació que pot existir vers a les actuacions antròpiques dutes a terme al llarg de les darreres dècades. Amb això podem concloure de la interferència que les darreres regeneracions artificials dutes a terme a la platja de Can Picafort han tengut de cap al sector natural de es Comú. Un clar exemple, n'és la regeneració que es dugué a terme al 2002 amb arena procedent de la costa de Banyalbudar (Mallorca), amb una gènesi notablement diferent a les arenes originàries de la badia d'Alcúdia. Aquest fet doncs es postula com l'explicació de que avui, els punts de mostreig localitzats a la zona d'*swash* del sector natural tendeixin de cap a les arenes mitges, gruixades i molt gruixades ja que, amb la deriva litoral com agent principal, s'hi han anat depositant procedents del sud.

Si bé la variabilitat en els perfils de platja i el seu sediment es postula avui com un dels millors indicadors a l'hora de reflectir la vulnerabilitat d'aquests ambients, l'anàlisi i valoració d'altres aspectes també pot contribuir a l'aval d'aquesta hipòtesi. Molts dels sistemes platja-duna que avui encara conserven, en certa mesura, les característiques geogràfiques i ecològiques típiques d'aquests ambients – es Comú de Muro, Son Real, Cala Mesquida, Cala Agulla, sa Punta de n'Amer o Es Trenc, entre altres –, són sens dubte els espais que amb més facilitat expressen els seus signes de degradació. Les seves fràgils

condicions naturals, dinàmiques i canviants en períodes curts i espontanis, ajudats de la pressió antropogènica que des de dècades enrere s'ha lligat a aquests sistemes, fan que avui aflorin símptomes clars de fragmentació, amb predominança al seu front dunar, veient-se especialment afectats els cordons de dunes davanteres i semiestabilitzades. Dels varis exemples que avui podem trobar a la illa de Mallorca, el sistema d'es Comú de Muro representa a la perfecció l'escenari descrit.

El cas del sistema platja-duna de Can Pifacort és un dels millors exemples per explicar el poder destructiu que ha tengut l'activitat econòmico-turística desenvolupada arreu del litoral mallorquí des de mitjans segle XX. De l'anàlisi de fotogrames aeris es contempla com el sistema originari ha estat abolit íntegrament per la urbanització actual, interferint així en la seva fisionomia originària.

No obstant, el cas de es Comú de Muro és el que suscita més consideracions. El grau de fragmentació d'aquest sistema platja duna es pot mesurar principalment a través de la disposició i recurrència de les formes erosives presentades al llarg del seu front dunar. La xifra de 58 *blowouts* i 4 zones degradades al llarg d'1,5 km de platja verifiquen el seu alt grau de fragmentació.

Aquestes formes, manifestades a través de fractures perpendiculars a la línia de costa, queden representades 56,9 % per formes *trough blowouts* (forma), amb estructures simples (62%) i amb una orientació predominant E-O (55,17%). Atenent aquestes característiques, es conclou que en la zona d'estudi la magnitud i la direcció dels vents regionals predominants – de direcció N –, tot i tenir una importància a considerar, no es postula com el factor més important a tenir en compte en l'origen i evolució de les formes erosives *blowout*.

De l'anàlisi evolutiva de camins i viaranys, que des de l'interior del sistema dunar consolidat accedeixen a la platja perpendiculars a la línia de costa, se'n conclou que en aquest cas el pas del usuaris ha estat el factor que amb major mesura ha determinat l'origen i evolució de les formes erosives. Aquest fet es sustenta en que avui, més de la meitat dels *blowouts* existents coincideixen amb la direccionalitat dels camins i viaranys

que, travessant tot el sistema, condueixen de cap a l'interior, esdevenint alguns d'ells encara punt d'entrada i sortida pels usuaris de la platja.

Les característiques geomòrfiques de les formes erosives al llarg del front dunar analitzat presenten una tendència homogènia, fet que facilita establir associacions similars entre diferents *blowouts*, sempre partint de la seva forma, estructura i direccionalitat. Del total de la sèrie mostrejada s'han identificat 8 associacions de *blowouts* que coincideixen en un 100%, suposant que només 4 dels 58 *blowouts* analitzats s'hagin de considerar de forma individual (B2, B17, B40 i B56).

No obstant, el màxim grau de fragmentació no el trobem en l'anàlisi individual d'aquestes formes, sinó en la situació derivada de la seva evolució. L'evolució erosiva del sistema comença en formes *blowout* individuals, passa per la seva conjuntura amb les plataformes adjacents, i acaba amb la formació de zones altament degradades i fragmentades, les quals presenten una situació de decadència difícilment reversible de cap a la seva originària. És així que en aquests casos no és eficient parlar sobre *blowouts* des d'una dimensió individual, sinó que és més precís fer-ho sobre estructures erosives derivades de l'evolució de varies formes originàriament individuals. En el cas d'es Comú s'han identificat un total de 4 zones catalogades com a degradades degut el seu alt grau de fragmentació. Així, l'absència de solucions eficients en el tancament de *blowouts* pot suposar l'evolució d'aquests ambients cap a escenaris altament fragmentats.

Aquestes zones són les que avui manifesten els majors problemes de sostenibilitat, provocats principalment per la pressió antròpica soferta i també, per la manca de mesures sostenibles i eficients de gestió aplicades en el moment que es precisaven. No obstant, cal aturar-se en diferenciar aquestes zones partint de les seves característiques geomorfològiques actuals. En aquest sentit 2 de les zones presenten una estructura tabular, caracteritzades pel descalçament de la cobertura arbustiva, disposant-se en forma de talús, formades també per incendis produïts a la zona. D'altra banda, les 2 restants s'identifiquen com a zones altament fragmentades, on es percep el solapament i associació entre formes erosives que amb el temps han esdevingut autèntics laberints,

alternant promontoris arenosos residuals de la duna originària i canals de deflació. En aquests casos el trànsit dels usuaris n'ha estat el seu agent principal.

L'estat de conservació ecològica va íntimament lligat a l'estat de fragmentació i erosió del primer cordó de dunes. De fet, els patrons de vegetació psammòfila que es donen en aquests ambients es postulen com una de les variables més a tenir en compte en tant a la caracterització conjunta d'aquests ambients. No obstant, quant parlem de vegetació en la primera línia de dunes o en el front dunar cal diferenciar entre la que presenta característiques herbàcies, i la que projecta característiques arbustives i llenyoses. Ambdues, amb funcions diferents, es presenten com a factors imprescindibles en tant a la conservació d'aquests ambients.

La vegetació herbàcia és el primer agent que, junt amb l'acció del vent, potencien les primeres formacions arenoses. Aquesta es manifesta principalment al llarg del cordó de dunes embrionàries o *foredunes*, tot i que amb l'estat actual del front dunar, també colonitzen les zones més degradades d'aquest ambient. Clars exemples en són les bases de deflació dels *blowouts* estenent-se de cap a l'interior, o bé les zones degradades. En el front dunar d'es Comú de Muro s'han identificat un total de 19 espècies herbàcies psammòfiles principals, de les quals en destaquen degut el seu alt nivell de recurrència *Ammophila arenaria* (100%), *Eryngium maritimum* (94,8%), *Pancratium maritimum* (86,2%), *Lotus cystisoides* (100%), *Aetheorhiza bulbosa subs. bulbosa* (82,76%), i *Cutandia maritima* (86,2%).

No obstant, en el cas d'es Comú s'han identificat algunes espècies que projecten una major eficiència en tant a la potenciació dels processos de deposició sedimentària en primera línia dunar. Són principalment les espècies que presenten major volum, densitat i cobertura. En el cas d'estudi, i també arreu del sistema platja-duna a les Illes Balears, algunes en són les espècies que, presentant aquestes característiques, es manifesten imprescindibles pel que fa al desenvolupament geomorfològic en la primera línia. El millor exemple n'és *Ammophila arenaria*, que amb una densitat de fulles considerable, es presenta prou òptima vers a la deposició sedimentària fruit de la seva interferència amb el



règim eòlic impactant. Altres espècies en són també *Sporobolus pungens*, *Cutandia maritima*, *Eryngium maritimum* o *Pancratium maritimum*.

No obstant, altres espècies, tot i no tenir una gran envergadura i densitat, suposen uns efectes que col·lateralment ajuden el desenvolupament geomorfològic del primer cordó de dunes. Un bon exemple en són aquelles que, desenvolupant-se horitzontalment i de forma extensiva, suposen un augment en la rugositat del substrat i la fixació d'aquest, disminuint alhora la seva vulnerabilitat envers a l'erosió. Alguns exemples representatius en són els casos de *Aetheorhiza bulbosa* subs. *bulbosa* (82,76%) o *Anagallis arvensis* (10,34%).

Amb tot es remarca de nou la importància que aquestes espècies poden tenir vers a l'estat geomorfològic de la primera línia dunar. De fet, n'és necessària l'existència de vegetació perenne per una òptima i progressiva creació i evolució de *shadow dunes* o dunes embrionàries a llarg termini.

Les característiques de la platja estudiada no faciliten el desenvolupament d'aquestes formacions. El reduït espai de transició entre el *backshore* i el sistema dunar fa que el terreny disponible pel desenvolupament de les primeres formacions arenoses sigui notablement limitat. La forta pressió antròpica que aquesta platja rep en temporada alta, junt a la falta de consciència per part dels usuaris, fa que les condicions no siguin òptimes pel desenvolupament de la vegetació psammòfila en la primera línia dunar. En el cas d'es Comú, en només 30 dels 58 *blowouts* analitzats (51%) s'hi ha observat una tendència de colonització de vegetació herbàcia.

Tot junt permet concloure de la perfecte correlació que existeix entre el creixement i desenvolupament de la vegetació herbàcia en primera línia per una banda, i l'aplicació de mesures de gestió per l'altre. Aquest és el cas de la platja de es Comú de Muro, on amb la instal·lació d'un cordó dissuasori que separa la platja alta del sistema dunar s'ha permès reservar un petit espai protegit de la pressió antròpica, sobretot en temporada alta, facilitant les condicions necessàries pel desenvolupament de formacions arenoses embrionàries. Si bé és cert que la seva dinàmica és encara incipient i heterogènia al llarg

del front, des d'alguns anys enrere el desenvolupament d'aquests ambients permet pensar en una tendència positiva pel que fa a la recuperació del primer cordó de dunes.

Un segon estrat vegetatiu a considerar, característic també d'aquests ambients, és el que presenta característiques arbustives i/o llenyoses. Aquest es localitza a la part superior del front dunar, o bé a la part més interior de les plataformes erosives, ja amb transició amb la depressió interdunar posterior. En aquest cas, la diversitat d'aquest col·lectiu és substancialment inferior al que presentava l'estrat herbaci, només format per un total de 8 espècies principals – *Halimium halimifolium*, *Pinus halepensis*, *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*, *Pistacia lentiscus*, *Smilax aspera* (lianesa), *Rosmarinus oficinalis*, *Phillyrea angustifolia*, i *Thymelaea velutina* –.

Si la importància de la vegetació herbàcia passava per la seva interacció amb el vent, provocant així la posterior deposició de sediment en superfície, la vegetació arbustiva en primera línia dunar s'ha de remarcar per la seva funció fixadora. El seu creixement, expressat per l'extensió i l'assentament de les seves arrels al substrat, es postula com un mecanisme tan important com necessari a l'hora d'aconseguir una estabilitat al cordó de dunes semiestabilitzades, i fer d'aquests uns ambients resistents en front a l'erosió eòlica o antròpica. El descalçament de la vegetació suposa sens dubte una alteració, irreversible en molts casos, pel que fa a la pèrdua de sediment en primera línia, potenciant l'erosió directa, i també, l'acceleració de formes erosives *blowouts*. Un dels signes més representatius en quant a la vulnerabilitat que el front dunar té vers la pèrdua de sediment n'és la presència o l'absència d'arrels echumades, bàsicament de *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*. En el cas que ens ocupa, existeix desgraciadament una alta correlació entre el seu estat de fragmentació i la superfície de front impregnada per arrels que afloren. És així que de la sèrie de formes erosives analitzada, la presència d'arrels exhumades és present en 98,28% dels punts mostrejats, verificant de forma empírica els signes de degradació que caracteritzen aquest indret.

De les espècies que caracteritzen el front dunar d'es Comú de Muro en destaca *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*, que apareixent íntegrament al llarg de tot el front dunar, fixa les primeres dunes semiestabilitzades. No obstant el seu estat de conservació actual n'és el millor indicador per reflectir i explicar el grau de fragmentació que presenta la primera

línia dunar. És així que la regressió que des de fa anys es dona a la platja d'es Comú, potenciada principalment per les tècniques de neteja i la sobrefreqüentació, dibuixa avui una realitat paradigmàtica pel que fa a l'erosió sedimentària dunar.

No obstant, tot i l'anàlisi de les variables quantitatives que posen de manifest la justificació vers a l'estat actual de l'ambient en qüestió, alguns en són els factors qualitatius a tenir en compte per a completar-ne l'explicació. Si és sabut que fins fa pocs d'anys el sistema platja-duna d'es Comú era una zona on les mesures de gestió i control eren inexistents, avui dia algunes mancances encara hi són presents. Si bé és cert que es poden percebre algunes mesures de gestió aplicades, el seu grau d'eficiència i recurrència no projecta un gran optimisme. Tot i que algunes mesures presenten un alt grau de recurrència al llarg de la sèrie, aquestes no es veuen acompanyades per mesures complementàries que ajudin a ser més eficients. Un bon exemple n'és el cordó de protecció dissuasori, que amb un grau de presència (96,5%), no es veu acompanyat per altres mesures de gestió, possibilitant així la seva eficiència.

Si bé en destaca la presència d'algunes mesures dissuasòries, cap fer esment especial a la poca presència que d'altres, amb un grau d'eficiència demostrat, projecten al llarg de la platja d'es Comú de Muro. En són exemples les trampes d'interferència èlica – en un 31% del total – o la sembra artificial d'espècies psammòfiles existents a la zona (8,6%). Sens dubte aquest fet ve a demostrar la poca tasca que en aquest sistema s'ha fet en tant a la regeneració geomorfològica de l'àmbit, i no així l'intentar evitar el pas dels usuaris per les zones més sensibles i vulnerables.

En aquest cas és notablement difícil mesurar el grau d'eficiència i èxit mostrat per la sinèrgia entre mesures de gestió aplicades. Si bé l'efecte positiu d'algunes mesures és en alguns casos palpable, l'efecte derivat de la interacció entre diferents mesures és pràcticament identificable. Partint d'aquesta consideració, el front dunar d'es Comú no és un lloc apte per avaluar l'efecte conjunt entre l'efecte del cordó dissuasori i l'efecte produït per les trampes d'interferència èlica, o bé els resultats derivats de la repoblació psammòfila amb l'evolució positiva dels *foredunes*, entre d'altres.

No obstant, si canviem d'escala, no totes les formes erosives identificades segueixen els mateixos patrons. Concloent amb les avinences entre *blowouts*, i després d'haver-los analitzats des del punt de vista geomòrfic i ecològic, les associacions de similitud a nivell general al llarg de la platja es fan difícilment identificables. Tot i que en algunes ocasions el grau de similitud entre punts de mostreig s'eleva a la màxima expressió, són difícilment apreciables grups significatius de *blowouts* els qual presentin una gran homogeneïtat en el comportament de les variables analitzades.

Pel que fa al sistema dunar consolidat, aquest, a l'igual que el que succeeix en molts dels boscos de *Pinus halepensis* litorals a les Balears, ha estat notablement influenciat per l'home. No obstant, en aquest cas, i a diferència del que ha ocorregut en altres sistemes com Es Trenc o Santa Ponça, l'activitat agrícola no ha estat la que més interferència ha suposat. La declaració d'espai comunal ja de cap al segle XIII ha fet que al llarg de mil·lennis l'aprofitament massiu i descontrolat dels recursos forestals hagi suposat una modificació fisonòmica de calat. A més, l'arribada de l'activitat turística a mitjans del segle XX no va obviar aquest indret, sent objectes d'activitats d'oci i lleure que amb el temps han esdevingut perjudicials per l'entorn.

La diferència entre les mitjanes en els diàmetres de pins joves i adults (21,8 cm) explica la diferència entre les edats d'ambdues categories. Els pins de més edat es manifesten a través de característiques plenament arbòries, acompanyades d'un sotabosc arbustiu. El pinar jove es troba més proper a la línia de costa, fent frontera a la part interior amb el pinar adult, i a la franja més costanera amb les comunitats arbustives psammòfiles, dominades per *Juniperus oxycedrus subs. macrocarpa*.

La modificació de la massa forestal, amb la degradació d'algunes zones, i la fragmentació del sistema a través de l'obertura de nous camins i viaranys, en són l'efecte visible del que ha suposat la pressió antròpica en aquest sistema. El resultat final es tradueix en un grau important de fragmentació, així com també amb la diferenciació de dos estrats arboris clarament diferenciables, suscitant la validesa de la hipòtesis sustentada en la pressió humana com a factor principal de la transformació d'aquest ambient.

#### **4.1. PROPOSTA D'APLICACIÓ DE MESURES DE GESTIÓ**

Si bé la pressió antròpica és la màxima responsable de l'actual situació en el sistema de es Comú, la intervenció humana també hauria d'establir-se com la principal eina en tant a la seva recuperació. La planificació i aplicació de mesures de gestió ha d'estar enfocada íntegrament a la recuperació morfològica i ecològica d'aquests ambients, i en cap cas a l'aprofitament públic de la platja, i/o millora dels serveis dirigits als usuaris.

La planificació a l'hora d'aplicar determinades mesures encaminades a la recuperació d'aquests ambients s'ha de fer des d'una perspectiva integral. Aquestes mesures poden ser de caire dissuasori, o bé d'acció directe sobre l'estat de conservació de l'espai. Amb aquest sentit però és imprescindible establir un efecte sinèrgic entre les mesures aplicades, ja que l'acció conjunta de totes les mesures té una major eficiència que la suma del seu efecte per separat. L'aplicació independent d'una determinada mesura pot suposar en molts casos manca en la seva eficiència. Un exemple clar és l'establiment d'un cordó dissuasori al límit superior de la platja alta, que redueix la pressió antròpica sobre el cordó de dunes embrionàries, a més de contribuir amb la recuperació geomorfològica del primer cordó de dunes.

La pràctica d'aquestes mesures sempre s'ha de fer tenint en compte les característiques ambientals i socials de la zona. El cas d'es Comú de Muro precisa de considerar fermament la pressió antròpica que sofreix el sistema, sobretot a l'estiu. A més, no tan sols s'ha de considerar la freqüentació sobre la platja alta, sinó que també la que hi ha a l'interior del sistema. Com a factor natural, la direcció del vent predominant, de N i NE, s'ha de tenir en compte també sobretot pel que fa a les intervencions de retenció de sediment en primera línia.

Analitzada doncs la relació que hi ha entre l'estat de conservació del sistema platja-duna d'es Comú de Muro i la pràctica, o absència, de mesures de gestió, es procedeix, per concloure aquest apartat, a la proposta d'algunes mesures potencials a aplicar.

### **Restricció de la neteja mecànica de la platja d'es Comú de Muro**

La neteja amb maquinària de la platja alta a les Illes Balears és un dels principals factors que donen explicació als alts índexs d'erosió i retrocés (Figura 108). Tot i que en el cas que ens ocupa aquesta no és una pràctica vigent, des de la seva declaració com a Parc Natural, el pas de maquinària pesant per a connectar els dos nuclis turístics adjacents suposa efectes a tenir en compte.



**Figura 108:** Tot i que la neteja de la platja d'es Comú amb maquinària pesada no és una pràctica permesa, el pas d'aquesta des de la zona urbana de Can Picafort a les platges de Muro és un fet recurrent. A més, i com s'aprecia a la imatge de la dreta, els efectes sobre el *backshore* poden ser considerablement perjudicials.

Els efectes derivats d'aquest pas suposen una fragmentació del perfil de platja a tenir en compte, a més d'un increment en els índexs d'erosió. Així doncs, ex proposa eradicar per complet el pas de maquinària pesant per a sobre de la platja alta, sigui quina en sigui la seva finalitat i característiques.

A l'hora de passar del les platges de Muro (al nord d'es Comú) a la platja de ses Casetes des Capellans (al sud), la maquinària ho farà per la carretera Ma-12, entre Alcúdia i Artà, evitant així el seu pas per sobre la platja d'es Comú i per tant, eliminant el risc de fragmentar els perfils de platja existents. A més no s'interferirà en la destrucció de la vegetació psammòfila sobre la platja alta, ni amb la deposició de les bermes de *P. oceanica* existents.

### **Utilització de les restes de *Posidonia oceanica* com a mecanisme de defensa**

Prohibir la retirada de les restes de *Posidonia* dipositades sobre la platja alta, sigui quina sigui l'època de l'any i sota cap finalitat. Ha quedat demostrada l'eficiència que

aquestes deposicions tenen vers a l'energia refractada per l'onatge sobre la línia de costa. La deposició d'aquesta fanerògama forma bermes vegetals que, amb una estructura de dic, defensen la platja de l'erosió marina. Així es recomana fermament no eliminar ni modificar aquestes deposicions al llarg de la platja d'es Comú. A més, es proposa també no modificar la densitat de l'aigua que se'n deriva de la mescla d'aquesta amb les fulles mortes, ja que d'aquesta viscositat se'n deriven conseqüències positives vers a l'erosió de la primera línia (Figura 109).



**Figura 109:** La funció defensiva de les bermes de Posidonia queda palesa amb les estructures que la deposició de fulles mortes va format al límit inferior de la platja alta. Endemés, el pas previ a la seva deposició esdevé una mescla viscosa d'aquestes restes amb l'aigua, provocant un increment de la densitat en el flux que serveix alhora per disminuir l'energia amb la que arriba l'onatge a la primera línia.

Pel que fa a la platja urbana de Can Picafort, es proposa que les restes de *P. oceanica* no siguin retirades fins just abans de la temporada estiuenca. A més, algunes recomanacions a fi de disminuir l'impacte causat:

- Utilitzar tècniques que disminueixin, tant com sigui possible, l'impacte sobre la platja alta. En el cas de que aquesta retirada es faci amb maquinària pesant, s'ha d'intentar que la maquinària utilitzada compleixi unes característiques mínimes que garanteixin la sostenibilitat de l'acció.
- No extreure les restes de posidònia del sistema, sinó que gestionar-la a fi d'obtenir-ne algun benefici. Una opció és enterrar la posidònia sota l'arena, en forma de *sandvitx*, a fi de d'aprofitar així el sediment que en ella hi ha.

No obstant això, s'hauria de prohibir per complet la retirada d'aquesta fanerògama al llarg de l'hivern, moment en que els temporals de mar són més recurrents i per tant, més risc i vulnerabilitat hi ha vers a l'erosió de la primera línia de costa.

### **Utilització de les restes de *P.oceanica* en el 1er cordó dunar com a mecanismes d'interferència eòlica**

L'alt grau de fragmentació presentat al front dunar d'es Comú precisa d'intervencions per a recuperar-ne la seva fisonomia actual. Per tal fi, un dels mecanismes en podria ser la deposició artificial i planificada de restes de Posidonia en punts estratègics on, sempre atenent als règims principals de vent, poguessin definir-se com estructures beneficioses per atrapar el sediment (Figura 110). A més, les deposicions de restes de Posidonia en zones degradades – *blowouts* – suposen un augment considerable de la rugositat en el substrat, fet que facilita l'origen de la formació d'acumulacions embrionàries de sediment.



**Figura 110:** La gestió de les restes de posidònia depositades sobre la platja alta pot anar encaminada al tancament dels canals de deflació en el front dunar de es Comú, disminuint així el risc d'erosió eòlica.

No obstant, l'aplicació d'aquesta mesura s'ha de fer a consciència, ja que de la seva mala aplicació se'n poden derivar alguns fets negatius a tenir en compte. Es precis mesclar les fulles mortes depositades amb arena a fi d'augmentar la seva sedimentació i disminuir així la seva vulnerabilitat vers a l'erosió provocada pel vent. Les mesures encaminades a la



interferència de sediment sempre han d'anar en funció de la dinàmica de vents principals a nivell local, ja que aquest serà l'agent que mobilitzarà i transportarà el sediment a interferir. Aquestes no s'han de disposar gratuïtament paral·leles a la línia de costa, a no ser que aquesta disposició sigui perpendicular a la direcció principal del vent. En el cas que ens ocupa, aquestes "barreres" s'haurien de disposar perpendiculars als vents que bufen de N i NE.

En el cas d'es Comú de Muro, cada una de les plataformes erosives podria ser objecte d'aquesta mesura de gestió. De fet, les restes de posidònia retirades de les platges urbanes adjacents anualment es podrien destinar a tal fi, contribuint així en la recuperació geomorfològica del front dunar.

### **Prohibició de fondejos sobre les praderes de *P.oceanica***

Els efectes negatius derivats de la mala gestió vers a la posidònia en el sector estudiat no tan sols es limiten a sobre la platja alta, sinó també a la part marina. Tot i que no en són abundants, els fondejos sobre les praderes de posidònia a la badia d'Alcúdia tenen efectes notablement perjudicials pel que fa al volum i a la densitat d'aquests ecosistemes. Per a la conservació d'un equilibri sedimentari òptim a la platges estudiades en seria beneficiós la prohibició íntegra dels fondejos en la part marina, així com totes aquelles activitats nàutiques que pel seu desenvolupament suposin qualsevol tipus d'impacte sobre les praderes de Posidonia. Aquesta deposició hauria de ser prioritària a la platja urbana, més vulnerable vers als temporals de mar, i on el depòsit sedimentari al *backshore* presenta pitjors condicions.

### **Utilització de les restes de Posidonia en la platja urbana de Can Picafort**

A l'acabar la temporada estiuenca la platja urbana de Can Picafort queda notablement desprotegida front a l'energia refractada recurrentment per l'onatge. Si a n'aquest fet li afegim l'absència de reserva sedimentària a la part alta de la platja emergida, cap pensar amb l'alta vulnerabilitat que aquesta té vers als efectes dels temporals de mar. Es proposa així la deposició artificial de restes de *P.oceanica* a la zona d'*swash* al final de l'estiu, fet que incrementaria ràpidament i de manera artificial l'acreció de les bermes de posidònia al *foreshore*.

Una altra possible mesura en seria la intercalació de restes de Posidonia amb arena, disposant-se en forma de “sandvitx” a la zona d'*swash*. Recurrentment, les restes de Posidonia depositades a la part inferior de la platja emergida es veuen, de forma parcial o íntegra, sedimentades per l'arena transportada cap a la línia de costa gràcies a l'acció de l'onatge. Aquest procés suposa que es formin capes on s'hi alternen sediment i restes de *P. oceanica*, dibuixant una estructura de “sandvitx”. Simular o accelerar aquest procés evitaria extreure les restes de Posidonia fora del sistema, així com també l'extracció d'importants volums sedimentaris adherits a les fulles mortes d'aquesta fanerògama.

### **Transportar l'arena de les barres submergides a la zona d'*swash* en el sector de la platja urbana de Can Picafort**

En platges urbanes com la de Can Picafort el procés d'adaptació al perfil de platja estiuenc al finalitzar la temporada hivernal a vegades no es produeix amb temps suficient de cara a la temporada turística. Al no tenir un sistema dunar a la part posterior que pugui actuar en moments determinats com a dipòsit de sediment, la platja urbana que ens ocupa en algunes ocasions s'ha vist sotmesa a problemes d'erosió importants després de períodes de temporal. Com succeeix al cas d'estudi, aquest fet es contraresta amb la prematura retirada de les restes de posidònia dipositades al llarg de l'hivern (de cap al mes de maig), i amb l'aplanament de la superfície de la platja alta a través de maquinària pesada per tal de guanyar metres de “solàrium”.

Sols en les ocasions que es requereixi, i mai de forma ordinària, una proposta vers aquesta postura en seria accelerà el procés natural d'adhesió de les barres submergides al *backshore*. Aquest fet doncs s'aconsegueix transferint l'arena de les barres arenoses submergides al *nearshore* de cap a la zona d'*swash*, potenciant així l'acreció de la platja emergida. Amb aquest fet, es potencia el creixement de la platja alta, i per tant la superfície de lleure, al mateix temps que s'intensifica el procés natural de sedimentació i colmatació de les restes de posidònia dipositades al *foreshore*, generant una estructura de “sandvitx” que alterni capes de sediment amb capes de fulles mortes.

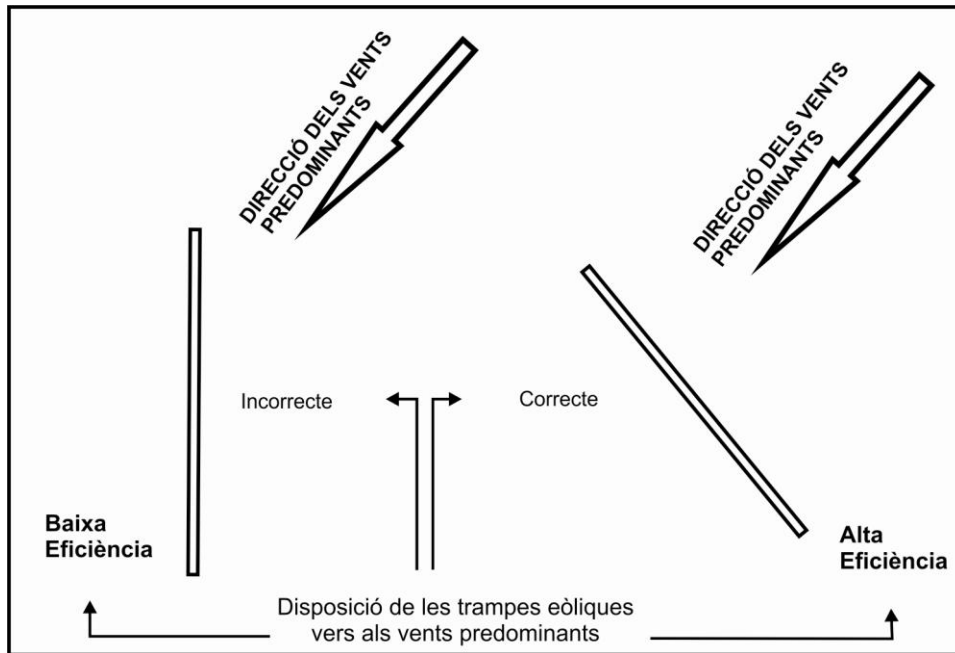
El moviment de sediment s'ha de fer amb les millors tècniques disponibles a fi de causar el mínim impacte possible. No obstant remarcar els efectes negatius que en podrien derivar si aquest procés d'acceleració fos executat amb sediment al·lòcton, la qual cosa podria suposar modificacions ecològiques de calat.

Aquesta mesura es proposa tan sols a nivell puntual, en casos que excepcionalment es requereixi. A més, en cap cas es proposa per la platja natural de es Comú de Muro, donades les seves característiques.

### **Instal·lació de trapes d'interferència eòlica**

Aquesta és una de les mesures que més eficiència pot tenir en sistemes de costa arenosa. No obstant, el cas de es Comú de Muro es caracteritza per la seva escassa presència al llarg de tot el seu front dunar. Si a aquest fet li afegim l'alt grau de fragmentació presentat, el resultat en deriva amb uns paràmetres erosius importants. Partint d'aquesta situació, es proposa instal·lar trapes d'interferència eòlica, estratègicament, al llarg de tot el front dunar de es Comú de Muro, coincidint amb cada un dels 58 *blowouts* identificats, així com també amb les zones degradades. A més, i si escau, el segon cordó dunar, format per dunes mòbils o semiestabilitzades, també pot ser objecte d'aquesta actuació, sobretot si es detecta algun indret on els processos erosius i de deflació potenciïn la degradació del sistema.

Aquestes trapes es poden fer amb les restes de fulles mortes de *Posidonia* dipositades sobre la platja alta (Figura 110), amb restes de branques de la vegetació arbustiva o arbòria de l'entorn, o bé amb barreres elaborades de canyet. Si més no, no ha de ser tant important el material en sí com la densitat que aquest presenti. En el cas de barreres de restes de *posidònia*, la deposició serà sempre a sobrevent, mentre que en el cas de les trapes de canyet, depenent de la seva densitat, la deposició podrà ser en ambdós llocs.



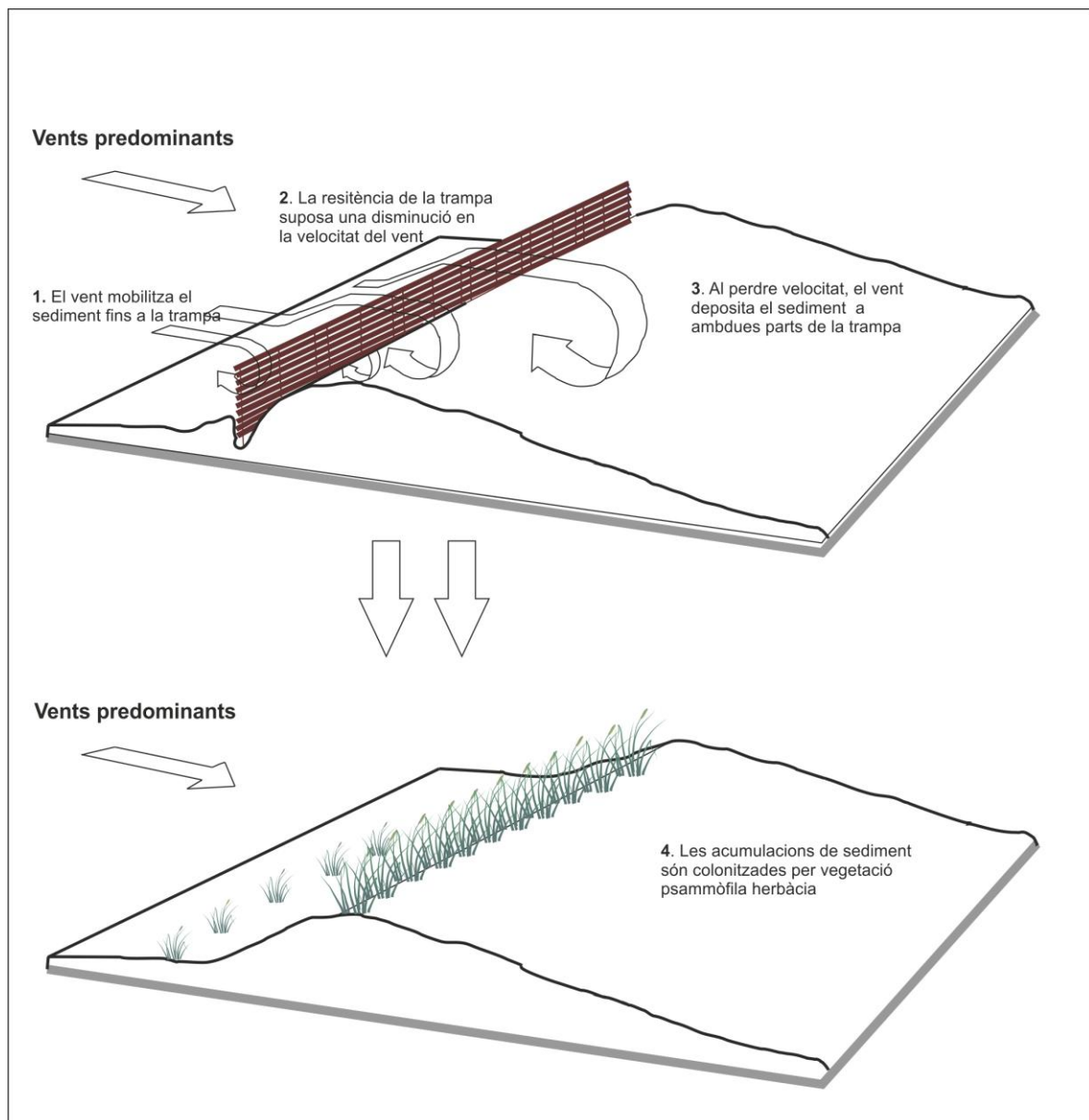
**Figura 111:** Representació gràfica de l'eficiència de les trampes d'interferència eòlica en funció de la seva disposició.



**Figura 112:** Les trampes d'interferència eòlica tenen una eficiència important en tant a la retenció de sediment. El seu efecte sens dubte intensifica els processos naturals, donant lloc a acumulacions arenoses de calat en la primera línia dunar.

Més que la importància del seu material, cal remarcar l'orientació que se li dóna a aquestes trampes. Al ser una mesura de caire eòlic el vent haurà l'agent a tenir més en compte. La disposició de les trampes sempre ha d'establir-se perpendicular a la direcció

principal del vent, i en cap cas seguint altres patrons com en pugui ser la línia de costa. Donant-li perpendicularitat als vents principals aconseguirem que la seva eficiència a l'hora d'interferir sediment sigui màxima (Figura 111 i 113). En el cas de es Comú de Muro aquestes trampes s'han de disposar doncs perpendiculars als vents que bufen de N i NE, i en els casos que ho precisin, als d'E.



**Figura 113:** Representació gràfica dels efectes geomorfològics i ecològics de les trampes d'interferència eòlica en la primera línia dunar.

### **Sembra artificial d'espècies psammòfiles en primera línia dunar**

Una bona mesura complementària a l'anterior en pot ser la sembra de vegetació psammòfila en la primera línia dunar (Figura 114). Aquesta pot anar encaminada principalment a dos objectius: a) frenar la fragmentació i erosió a través de la fixació del sediment amb la sembra artificial d'espècies psammòfiles, en aquest cas arbustives principalment, i b) fixació de formacions arenoses embrionàries formades en la primera línia dunar.

Tot i que en es Comú ja hi ha hagut intent de sembra de *Juniperus oxycedrus* subs. *macrocarpa*, es proposa que en casos convenients, on es vegin acumulacions importants de sediment en primera línia, realitzar sembra artificial de vegetació herbàcia a fi de fixar-les. En aquest cas hi ha un seguit d'espècies que per les seves característiques es postulen com les més eficients en tant a l'èxit d'aquesta mesura. En el cas de es Comú en podrien destacar *Ammophila arenaria*, *Eryngium maritimum*, *Pancratium maritimum*, o *Sporobolus pungens*, entre altres.



**Figura 114:** La sembra de ginebró a n'es Comú ha estat, fins ara, una mesura sense massa reincidència. No obstant l'impuls d'aquesta, i la seva diversificació de cara a la sembra de noves espècies, podria contribuir a la recuperació ambiental de la zona.

### **Prohibició de les regeneracions artificials**

Enteses aquestes com el bombeig massiu de sediment sobre la platja emergida, a fi d'augmentar-ne les seves dimensions, principalment amb material al·lòcton al sistema. Si bé hi ha hagut nombroses regeneracions artificials a l'illa de Mallorca, el cas del sector estudiat en pot ser un clar exemple explicatiu dels seus efectes. El darrer cas el tenim amb la regeneració que la platja de Can Picafort assolí en 2002, conseqüència del temporal de llevant que hi hagué a la zona al setembre de 2001, causant danys irreversibles a la platja urbana. Aquesta regeneració es feu amb sediment provinent de la costa de Banyalbufar (N de Mallorca), amb unes característiques granulomètriques diferents a les arenes la badia d'Alcúdia.

Les regeneracions artificials, a part dels danys ecològics provocats en el llocs d'origen i destí del sediment regenerat, també tenen efecte col·laterals a l'entorn on aquests són depositats. De fet, en el Capítol 3 del present treball es postulen els possibles efectes a la platja de es Comú de Muro derivats de les darreres regeneracions dutes a terme a Can Picafort. Així, aquestes accions no tan sols tengueren efectes sobre el creixement de la superfície de la platja emergida en la franja urbana, sinó que la deriva litoral, amb direcció S-N, ha fet que aquest sediment regenerat es repartís al llarg de tota la línia de costa, afectant també les característiques físiques del sediment de la franja natural.

Així doncs es proposa la prohibició de regeneracions artificials a la zona, evitant així els efectes erosius sobre la primera línia de costa, i sobre les praderies de *P.oceanica* existents a la zona marina de la badia d'Alcúdia.

### **Prohibir el pas de maquinària pesant per la platja d'es Comú**

La fragilitat presentada actualment per la platja de es Comú fa que qualsevol acció pesant sobre ella pugui derivar amb efectes perjudicials pel seu estat de conservació. Les escasses dimensions presentades, l'escassa amplada del primer cordó dunar, i la recurrència de temporals de mar a l'hivern fan d'aquesta una platja força vulnerable respecte a determinades accions. El pas de maquinària pesant per sobre de la superfície de platja emergida suposa greus impactes de fragmentació i erosió en aquest ambient.

Atenent als valors naturals i ecològics que encara es troben en aquesta platja, i a la seva alta vulnerabilitat i fragilitat, es proposa la prohibició definitiva i absoluta de pas de maquinària pesada per sobre de la platja de es Comú de Muro, siguin quines siguin les seves característiques i l'objecte del seu pas. En cas de produir-se aquesta acció, establir també mecanismes de sancions, sempre destinades al propietari o responsable legal de la maquinària pesant.

### **Prohibició de les papereres i punts de residus sòlids urbans dins el sistema platja-duna**

Les papereres tenen un efecte crida en tant a la deposició de residus sòlids urbans sobre la platja. De fet, comprovat ha quedat que aquestes acaben esdevenint punts d'abocament massiu de residus urbans, inclús també d'altres tipus. Els efectes derivats sobre el benestar dels usuaris en poden ser varis: despreniment d'olors, disminució de la qualitat paisatgística i de l'entorn, modificacions de les característiques edàfiques, o empitjorament de les condicions higièniques a la platja.

No obstant els efectes manifestats també es donen a nivell geomorfològic. L'efecte pantalla que aquestes instal·lacions suposen deriven amb efectes que a nivell geomorfològic afecten el seu entorn més proper, generant processos de degradació en la zona de sotavent. Endemés, la localització de papereres o instal·lacions semblants en una platja natural com es Comú provoquen la intensificació de la compactació en la superfície de platja degut a les trepitjades dels usuaris que acudeixen a dipositar-hi els seus residus.

A la platja d'es Comú existeixen papereres als accessos principals a la platja, així com també a la desembocadura de les passarel·les elevades que la Demarcació de Costes instal·là per donar accés a la platja des de l'interior del sistema. Aquestes són d'estructura simple, clavades al terra amb dos punts de suport. Per tot el dit doncs, es proposa l'eliminació de totes les papereres a la platja natural de es Comú, així com la prohibició en quant a noves instal·lacions. No obstant es proposa l'acondicionament de punts de deposició de residus als accessos principals, sempre i quant aquests comptin amb característiques urbanes. És així l'aparcament localitzat al límit nord de es Comú, fent partió amb les platges de Muro. Finalment es proposa també la prohibició de punts de residus en el sistema dunar consolidat.



### **Potenciar la neteja manual de la platja natural d'es Comú**

Com bé es remarca en la primera de les mesures proposades en aquest capítol, la neteja mecànica en platges naturals com la que ens ocupa en pot derivar danys irreversibles pel seu estat de conservació. Atenent als efectes explicats en la proposta abans esmentada, es suggereix l'impuls de la neteja manual en aquesta platja. Aquesta es podria dur a terme a través de brigades de neteja, coordinades i amb un recurrència acord amb l'estacionalitat. Així, la campanyes de neteja s'intensificarien a l'estiu, moment de màxima pressió, mentre que disminuirien al llarg de la temporada hivernal.

### **Senyalitzar degudament l'espai amb continguts informatius i de prohibicions**

El sector estudiat en la seva integritat esdevé un espai altament freqüentat, principalment en temporada turística. Aquest fet fa que, des del punt de vista de la gestió que si li vulgui donar, el primer pas que caldrà fer serà el d'informar degudament als usuaris de l'espai. Tot i que hi ha diversos mecanismes de comunicació i informació, es proposa potenciar les indicacions *in situ* a través de panells informatius que divulguin els valors naturals i paisatgístics de l'espai, que el situïn dins el Parc Natural de s'Albufera, i que al mateix temps deixin paleses les restriccions i prohibicions que s'han de respectar.

### **Declarar part del sistema dunar com a zona d'exclusió dins l'ordenació dels recursos naturals del Parc Natural de s'Albufera**

Les característiques presentades pel sistema dunar en qüestió, i la seva vulnerabilitat vers a les possibles agressions, fan que es proposi, a nivell de planificació interna, la declaració de zona d'exclusió del sistema dins l'establert pel respectiu PORN i en funció de la catalogació postulada per la Llei per a la conservació dels Espais de Rellevància Ambiental (LECO), permetent tan sols aquelles activitats de caire científic, educatiu i/o de gestió.

Sens dubte aquesta seria la millor mesura en tant a eximir la franja dunar de més pressions antròpiques descontrolades, a part de donar peu a l'acceleració en els processos de regeneració i recuperació ambiental i ecològica.

## CAPÍTOL 5. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

---

- ALLEN, J. R. (1978). Ripple marks. Encyclopedia of Sedimentology. FAIRBRIDGE R.W., (Edit.). Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross.
- ALMANZA, L., BOLÍVAR, F., BORRERO, S., CAIAFA, I., DE LAS SALAS, K., LUQUE, M. G., VALDELAMAR, J.C. (2004). "Estudio preliminar de la comunidad macrobentónica del mesolitoral rocoso de Bahía Concha (Parque Nacional Natural Tayrona, Magdalena, Colombia) en agosto de 2002." Acta Biológica Colombiana **9**(1): 5-12.
- AMENGUAL, B. (1903). La Industria de los Forasteros. Palma de Mallorca, Muntaner.
- ANDRES, J. R., GRACIA, F.S. (2000). Geomorfología Litoral. Procesos Activos. Madrid, Instituto Geológico Minero.
- ANDREU, N., BLÀZQUEZ, M., LÓPEZ, S., MAS, L., MATEU, J., MORELL, F., MURRAY, I., TRUYOLS, G. (2003). "El quart boom? Tendències de consum de recursos naturals a les Illes Balears." Revistas de Geografia **2**: 61-77.
- BAGNOLD, R. A. (1954). The physics of blown sand and desert dunes. London, Methuen.
- BALAGUER, P. (2002). "El coneixement científic de les costes rocoses de Mallorca (Illes Balears): estudi bibliomètric." Bolletí de Geografia Aplicada **3-4**: 75-92.
- BALAGUER, P. (2007). Inventari quantitatiu de les costes rocoses a Mallorca. Geomorfologia Litoral i Quaternari. Homenatge a Joan Cuerda Barceló. PONS, G.X., VICENS, D. (Edits.). Palma de Mallorca, Mon. Soc. Hist. Nat. Balears. **14**: 201-230.
- BALAGUER, P., VIZOSO, G., FERRER, M.I., RUÍZ, M., ORFILA, P., BASTERRETXEA, G., JORDI, A., FORNÓS, J.J., SATORRES, J., ROIG MUNAR, F.X., TINTORÉ, J. (2006). Zonificación del litoral balear frente a un posible derrame o vertido de hidrocarburos. Establecimiento de un índice de sensibilidad ambiental (ISA) de la línea de costa. Geomorfología y territorio. Actas de la IX reunión nacional de geomorfología. PÉREZ ALBERTI, A., LÓPEZ BEDOYA, J. (Edits.). Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela: 311-322.
- BARCELÓ, B. (1980). Estudio Ecológico de la Albufera de Mallorca (Alcudia, Muro, Sa Pobla). Palma de Mallorca, Departament de Geografia i Ecologia.

- BARCELÓ, G. (1997). Béns comunals i conflictes antisenyorials: les comunes de Muro i Santa Margalida (ss. XVI-XVIII). Bolletí de la Societat Arqueològica Lul·liana. BSAL. Palma de Mallorca. **53 (581)**: 97-116.
- BARCELÓ, G. (2004). Conflictivitat entorn de l'aprofitament comunal durant el segle XIX. L'enfrontament entre Muro i Santa Margalida. I Jornades d'Estudis Locals a Muro. Ajuntament de Muro: 269-287.
- BARON, A. (1999). Propuesta del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. Normativa. Palma de Mallorca, Govern de les Illes Balears. Direcció General de Règim Hidràulic.: 102.
- BARON, A. (Direct.) (2008). Evaluación ambiental estratégica del Plan Hidrológico de las Islas Baleares. Palma de Mallorca, Govern de les Illes Balears. Direcció General de Recursos Hídrics: 131.
- BASTERRETXEA, G., ORFILA, A., JORDI, A., FORNÓS, J., TINTORÉ, J. (2007). "Evaluation of a small volume renourishment strategy on a narrow Mediterranean beach." Geomorphology **88**: 139-151.
- BAUER, B., SHERMAN, J. (1999). Coastal dune dynamics: Problems and Prospects. Aeolian environments, sediments and landforms. GOUDIE, A., LIVINGSTONE, I., STOKES, S. (Edits.). London, Wiley: 71-104.
- BERNABEU, A. M., MEDINA, R., VIDAL, C. (2002). "Efecto de la reflexión sobre la forma de equilibrio del perfil de playa: validación para la costa de la Península Ibérica." Rev. C.&G. **16 (1-4)**: 83-95.
- BIRD, E. C. F. (1996). Beach managment. Chichester, Ed. Wiley.
- BIRD, E. C. F. (2008). Coastal Geomorphology. An introduction. Chichester (England), Wiley.
- BLÀZQUEZ, M. (1998) "Els usos recreatius i turístics dels espais naturals protegits. L'abast del lleure al medi natural de Mallorca". Investigaciones geográficas. **19**: 105-126.
- BLÀZQUEZ, M., MURRAY, I. (2010). "Una geohistoria de la turistización de las Islas Baleares." El periplo sustentable **18**: 69-118.
- BLÀZQUEZ, M., MURRAY, I., GARAU, J.M. (2002). El tercer boom. Indicadors de sostenibilitat del turisme de les Illes Balears 1989-1999. Palma de Mallorca, CITIIB.

- BOERNER, R., FORMAN, R. (1975) "Salt spray and coastal dune mosses". The Bryologist, **68 (1)**: 57-63.
- BOLOS, O., MOLINIER, R. (1958). "Recherches phytosociologiques dans l'île de Majorque." Collectanea Botanica **34**: 699-863.
- BUTZER, K. W. (1962). "Coastal Geomorphology of Majorca." Annals of the Association of American Geographers **52**: 191-212.
- CAÑAS, J. (1992). "Medi natural i urbanització: possibilitats de convivència." Els espais no urbanitzats, medi natural, paisatge i lleure. 11: 9-15.
- CAPEL, H. (2005). La incidencia del hombre sobre la faz de la tierra. De la ecología política, o simplemente, ecología. La incidencia de la especie humana sobre la faz de la tierra (1955-2005). GUTIÉRREZ, A., NOREDO PÉREZ, J. M. (Edits.). Granada, Universidad de Granada: 91-136.
- CARLETON RAY, G. (1991). "Coastal zone biodiversity Patterns." BioScience **41**: 490-498.
- CARTER, R. W. G. (1980). "Human activities and geomorphic processes. The example of recreation pressure on the Notherrm Ireland coast." Z. Geomorph. **34**: 155-164.
- CASTELLE, B., TURNER, I.L., RUESSINK, B.G., TOMLINSON, R.B. (2007). "Impact of storms on beach erosion: Broadbeach (Gold Coast, Australia)." Journal of Coastal Research **50**: 534-539.
- CASTELLÓ, M. (1985). "S'Albufera i la conservació de la naturalesa " Lluc **720**: 40-43.
- CASTRO, C. (1992) "Alteración antrópica sobre las dunas chilenas y su estado de conservación". Bosque **13 (1)**: 53-58.
- CEBRIAN, J., DUARTE, C., MARBÁ, N., ENRÍQUEZ, S., GALLEGOS, M.E. OLESEN, B. (1996). "Herbivory on *Posidonia oceanica*: magnitude and variability in the Spanish Mediterranean." Marines Ecology Progress Series **130**: 147-155.
- COGNETTI, G., SARÀ, M., MAGAZZÙ, M. (2001). Biología marina. Barcelona, Editorial Aries.
- COLOM CASASNOVAS, G. (1975). Geología de Mallorca. Palma de Mallorca, Instituto de Estudios Baleáricos.
- COOPER, W. S. (1958). "Coastal sand dunes of Oregon and Washington." Geological Society of America, **72**: 169.
- COSTA, M., MANSANET, J. (1981). "Los ecosistemas dunares levantinos: la dehesa de la albufera de Valencia." Anales del Jardín Botánico de Madrid **37 (2)**: 277-299.

- CRIADO, C. (1998). El relieve erosivo. Geografía de Canarias. V.V.A.A. Gran Canaria, Edit. Interinsular Canaria. **1**: 105-142.
- CUADRAT, J. M., PITA, M<sup>a</sup> F. (2000). Climatología. Madrid, Cátedra.
- CUERDA, J. (1975). Los tiempos Cuaternarios en Baleares. Palma de Mallorca, Institut d'Estudis Baleàrics.
- CUERDA, J. (1989). Los tiempos Cuaternarios en Baleares. Palma de Mallorca, Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.
- CUERDA, J., VICENS, D., GRACIA, F. (1991). "Malacofauna y estratigrafía del Pleistoceno superior marino de Son Real (Santa Margalida, Mallorca)." Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears **34**: 99-108.
- CULTURA, A., GARRIDO, C. (2010). Platja de Palma. Cap al turisme del segle XXI. Palma de Mallorca, Consorci de la Platja de Palma: 86.
- D'ALESSANDRO, F., FORTES, C.J.E.M., ILIC, S., JAMES, M., SANCHO, F., SCHÜTTUMPF, H., TOMASICCHIO, G.R. (2010). "Wave storm induced dune erosion and overwash in large-scale flume experiments." Hidralab **3**.
- DALRYMPLE, R. A., LOZANO, C. J. (1978). "Wave-Current Interaction Models for Rip Currents." Journal of Geophysical Research **83**: 6063-6071.
- DAVIS JR., R., FITZGERALD, D.M. (2004). Beaches and Coasts. Carlton (Australia), Blackwell Publishing.
- DELGADO, I., LLOYD, G. (2004). "A simple low cost method for one person beach profiling." Journal of Coastal Research **20**: 1246-1252.
- DUARTE, C. (Edit.) (2006). La exploración de la biodiversidad marina. Desafíos científicos y tecnológicos. Madrid, Fundación BBVA.
- DUARTE, C., CHISCANO, C. (1999). "Seagrass biomass and production: an reassessment." Aquatic botany **65**: 159-174.
- DUARTE, C., ÁLVAREZ, E., AMENGUAL, J., BARRÓN, C., BASTERRETXEA, G., CALLEJA, M., DEUDERO, S., DÍAZ-ALMELA, E., GRAU, A., MASSUTÍ, C., GARCÍA, M., MORALES, B., MORANTA, J., MARBÀ, N., ORO, D., PLANAS, M. LL., ROSELLÓ-MORA, R., SINTES, T., TERRADOS, J., TINOTRÉ, J. (2003). "Cap a una millor comprensió de l'estat, ecologia i conservació de les praderies d'angiospermes marines (*Posidonia oceanica* L. Delile) de les Illes Balears." Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears **46**: 9-14.

- EMERY, K. O. (1961). "A simple method of measuring beach profiles." Limnology and Oceanography **6**: 90-93.
- ESTEBAN CHAPABRIA, V. (1999). Dinàmica litoral y sedimentación en las costas valencianas. Geoarqueologia quaternari litoral: memorial María Pilar Fumanal. FUMANAL, M. P. (Edit.). València, Universitat de València: 331-342.
- FABBRI, K. (1998). "A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management." Ocean and Coastal Management **39**: 51-62.
- FALLOT, P. (1923). "Esquisse Morphologique Des Iles Baléares." Revue de Geographie Alpine **9**: 421-448.
- FINCHAM, A. (1984). Basic marine biology. London, British Museum.
- FIOL TORNILLA, P., PAYERAS CAPO, D. (1993). Muro i les seves platges. Muro, Ajuntament de Muro.
- FOLK, R. L., WARD, W.C. (1957). "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters." Journal of Sedimentary Petrology **27**: 3-26.
- FORNÓS, J., POMAR, L., RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1983). Las eolinitas del Pleistoceno de Mallorca y sus estructuras asociadas. X Congreso Nacional de Sedimentología. U. d. Barcelona. Menorca.
- FORNÓS, J., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L. (2007). Geomorfología Litoral. Migjorn y Llevant de Mallorca. Palma de Mallorca, SHNB.
- CERDA. Palma de Mallorca, Asociación de Ciencias y Técnicas Ambientales: 208-213.
- FUSTER, J. (1973). Estudio de las reservas hidráulicas totales de Baleares. Informe de síntesi general. España, Ministerio de Obras Públicas, Industria i Agricultura.
- GACIA, E., GRANATA, T.C., DUARTE, C.M. (1999). "An approach to measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows." Aquatic botany **65**: 255-268.
- GEERDERS, P., ARIAS LÓPEZ, D., OSORIO ARIAS, A. F., GONZÁLEZ, M. (2009). "La información, base esencial para el manejo integrado de playas en America latina." Revista del medio ambiente, turismo y sustentabilidad **2 (2)**: 1-12.
- GELABERT, B. (1997). La estructura geológica de la mitad occidental de la Isla de Mallorca. Barcelona, Inst. Geominero de España.

- GELABERT, B., SERVERA, J., RODRÍGUEZ-PEREA, A. (2002). "Características geomorfológicas del sistema dunar de la Bahía de Alcudia (isla de Mallorca)." Geogaceta **32**: 209-212.
- GELABERT, B., SABAT, F. (2004). Mallorca y Cabrera: unidades geológicas i estructura. Geología de España. VERA, J.A. (Edit.). Madrid, Sociedad Geológica de España: 450-452.
- GITAY, H., SUÁREZ, A., WATSON, R., JON DOKKEN, D. (2002). Cambio climático y biodiversidad, IPCC.
- GÓMEZ-PUJOL, L., PONS, G.X. (2007). La geomorfología litoral de Mallorca cuarenta y cinco años después. Litoral. Migjorn i llevant de Mallorca. FORNÓS, J., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L. (Edits.). Palma de Mallorca, Monogràfic Societat d'Història Natural de Balears. **15**: 17-37.
- GONZÁLEZ PÉREZ, J. M. (2003). "La pérdida de espacios de indentidad y la construcción de lugares en el paisaje turístico de Mallorca." Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles **35**: 137-152.
- GONÁLEZ REVERTE, F. (2008). "El papel de los destinos turísticos en la transformación sociodemográfica del litoral mediterráneo español." Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles **47**: 79-107.
- GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, F. M., GOY, J.L., ZAZO, C., SILVA, P.G. (2001). "Actividad eólica. Cambios del nivel del mar durante los últimos 170.000 años (Litoral de Mallorca, Islas Baleares)." Cuaternario y Geomorfología **15 (3-4)**: 67-75.
- GOSO AGUILAR, C. (2006). "Aspectos sedimentológicos y estratigráficos de los depósitos cuaternarios de la costa platense del departamento de canelones, Uruguay." Latin american journal of sedimentology and basin analysis **13 (1)**: 77-89.
- GOY, J. L., ZAZO, C., CUERDA, J. (1997). Evolución de las áreas margino – litorales de la costa de Mallorca (I.Baleares) durante el último y presente interglacial: nivel del mar holoceno y clima. . Boletín Geológico y Minero. IGME. **108**: 127-135.
- GRACIA, F., VICENS, D. (1998). Aspectes geomorfològics quaternaris del litoral de Mallorca. Aspectes geològics de les Balears. FORNÓS, J. (Edit.). Palma de Mallorca, UIB: 307-329.
- HENDRIKS, I., DUARTE, C., HEIP, C. (2006). "Biodiversity research still grounded." Science **312**: 1715.

- HERNÁNDEZ CALVENTO, L. (2002). Análisis de la evolución del sistema de dunas de Maspalomas, Gran Canaria, Isla de Canarias (1960-2000). Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Gran Canaria, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria: 386.
- HERRERO, C., VICENS, P. (2008). Aportaciones sobre los parámetros reproductores de la cerceta pardilla, *Marmonetta angustirostris*, en la Albufera de Mallorca – Islas Baleares – Anuari Ornitològic de les Illes Balears. GOB. Palma de Mallorca. **23**: 79-84.
- HESP, P. (1996). "Flow dynamics in trough blowout." Journal of Boundary-Layer Meteorology. **77**: 305-330.
- HESP, P. (2002). "Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics." Geomorphology **48**: 245-268.
- HESP, P., HYDE, R. (1996). "Flow dynamics and geomorphology of trough blowouts." Sedimentology: 505-525.
- HOWE, C. P. (1989). Albufera: aspects of hydrology, vegetation, history and management (Inèdit). London, University College of London.
- INE (2009). Cifras INE. Boletín informativo del Instituto Nacional de Estadística. Madrid, INE. **5**.
- JANSÀ, A. (1994). Apuntes de meteorología. Barcelona, Edit. Noray.
- JENNINGS, J. N. (1957). "On the orientation of parabolic U-dune." The Geographical Journal **124 (4)**: 474-480.
- JUNCOSA, M. R. (1991). Estudio hidrogeológico de la zona húmeda de s'Albufera - Mallorca - (Inèdit). Treball pel Curso Internacional de Hidrología Subterránea.
- JURADO, J. R. (1992). The usefulness of landsat tm data for vegetation discrimination in s'Albufera de Mallorca. A marsh (Inèdit).
- KAY, R., ALDER, J. (1999). Coastal Planning and Management. London, E and FN Spon.
- KOMAR, P. D. (1998). Beach processes and sedimentation. London, Prentice Hall.
- LATCHINIAN, A. (2009). "Gestión ambiental de playas en Uruguay: entre el uso y la preservación." Revista del medio ambiente, turismo y sustentabilidad **2 (2)**: 81-85.
- LESICA, P., COOPER, S.V. (1999). "Succession and disturbance in sandhills vegetation: constructing models for managing biological diversity." Conservation Biology **13 (2)**: 293-302.
- LLAUGER, A., PERELLÓ, B. (2008). L'entorn. 20 anys de Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. PERELLÓ, B. (Edit.). Palma de Mallorca, Conselleria de Medi Ambient: 23.



- LLORENS, L., GIL, L., TÉBAR, F. J. (2007). La vegetació de l'illa de Mallorca. Bases per a la interpretació i gestió d'hàbitats. Palma de Mallorca, Govern de les Illes Balears.
- LOPEZ MOREDA, L. J., CABRERA HERNÁNDEZ, J. A., ORELLANES RODRÍGUEZ, O. (2009). "Sistemas de gestión ambiental en playas: experiencia en Los Taínos, Varadero, Cuba." Revista del medio ambiente, turismo y sustentabilidad **2 (2)**: 87-98.
- MARBÀ, N., DUARTE, C (1997). "Interannual changes in seagrass (*Posidoni oceanica*) growth and environmental change in the Spanish Mediterranean littoral zone." Limnol Oceanogr **42**: 800-810.
- MARTÍN PRIETO, J. A., SERVERA, J. (2006). Erosión costera del sector comprendido entre s'Oberta del Gran Canal y el Puerto de Alcúdia (NE. Mallorca). Geomorfología y territorio. Actas de la IX reunión nacional de geomorfología. PÉREZ ALBERTI, A., LÓPEZ BEDOYA, J. (Edits.). Santiago de Compostela, Universidad de Santiago de Compostela: 433-442.
- MARTÍN-PRIETO, J. A., ROIG-MUNAR, F.X., RODRÍGUEZ-PEREA, A., PONS, G.X., BALAGUER, P. (2007). La gestión litoral en las Islas Baleares. Geomorfología Litoral. Migjorn i llevant de Mallorca. FORNÓS, F., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L. (Edits.). Palma de Mallorca, Monogràfic Societat d'Història Natural de Balears. **15**: 75-90.
- MARTINEZ TABERNER, A. (1983). La franja dunar de la Badia d'Alcúdia (Mallorca). Estat actual de la màquia *Juniperus oxycedrus* L. *subsp. macrocarpa* (Sibth. Et Sm.) Ball. Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears. SHNB. Palma de Mallorca. **27**: 7-22.
- MARTINEZ TABERNER, A., MOYA. G., RAMON, G., FORTEZA, V (1988). "Limnological criteria for the rehabilitation of a coastal marsh. The Albufera of Majorca, Balearic Islands." Ambio **19**: 21-27.
- MARQUÈS, M. A., JULIÀ, R. (2005). Evolución de la zona litoral del Empordà durante el último milenio. Geomorfología litoral i quaternari. Homenatge al professor Viçenc M. Rosselló Verger. SANJAUME, E., MATEU, J. (Edits.). València, Universitat de València: 259-272.
- MAS FORNERS, A. (1992). Expansión agraria, turismo y desagrarización en Mallorca durante el siglo XX. Una aportación a partir del estudio de una comunidad rural (Inèdit). Sevilla, Comunicació presentada al Segundo Congreso de Jóvenes Geógrafos e Historiadores.

- MAS, J., FRANCO, I., BARCALA, E. (1993). "Primera aproximación a la cartografía de la *Posidonia oceanica* en las costas mediterráneas españolas. Factores de alteración y regresión. Legislación." Publicación Especial del Instituto Español de Oceanografía **11**: 111-122.
- MASSUTÍ, E., GRAU-JOFRE, A., DUARTE, C., TERRADOS, J., MARBÀ, N. (2000). La posidònia: l'alga que no és. Palma de Mallorca, Quaderns de Pesca.
- MATEO, M. A., ROMERO, J (1997). "Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: elements for an ecosystem carbon and nutrient budget." Marine Ecology Progress Series **151**: 43-53.
- MATEU, G., MATEU-VICENS, G., NADAL, G., RODRÍGUEZ, B., GIL, M.M., CELIÀ, L. (2003). "Los foraminíferos del mar Balear como componentes biogénicos de los sedimentos de playa." Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears **46**: 95-115.
- MEDFORUM (1999). "Declaración de Málaga sobre la biodiversidad y el desarrollo sostenible en el Mediterráneo." Cuadernos de Biodiversidad **4**: 9-11.
- MEDINA, J. R., TINTORÉ, J., DUARTE, C. (2000). "Las praderas de *Posidonia oceanica* y la regeneración de playas." Revista de obras públicas **3.409**: 31-43.
- MIR-GUAL, M., BERGAS RYDENFORDS, J. (2007). Les plenes de s'Albufera. Registres històrics i efectes (Inèdit). Palma de Mallorca, Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears: 21.
- MIR-GUAL, M., FORNÉS COMAS, J. (2008). Estudi i evolució de la línia de costa del sector Can Picafort - es Comú de Muro (Inèdit). Palma de Mallorca, Departament de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears: 121.
- MIR-GUAL, M. (2009). "Modificaciones del perfil de playas en las Islas Baleares (playas de Can Picafort y Es Comú de Muro)." Investigaciones Geográficas **50**: 191-207.
- MIR-GUAL, M. i PONS, G.X. (en premsa). "Coast Sandy strip fragmentation of a protected zone in the N of Mallorca, Spain (Western Mediterranean)". Journal of Coastal Research **SI 56**:
- MIR-GUAL, M., FRAGA ARGUIMBAU, P., PONS, G.X., ROIG-MUNAR, F.X., MARTÍN-PRIETO, J.A. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (en premsa). "Modificacions i alteracions antròpiques en els boscos de *Pinus halepensis* litorals. Estudi de cas a l'illa de Mallorca". Boll. Soc. Hist. Nat. Balears **53**:

- MONSÓ DEL PRAT, J. L., ESCARTÍN GARCÍA, F.J. (1995). "Fenómenos de ondas largas en el puerto de Ciutadella (Menorca)." Revista de obras públicas **3.347**: 69-77.
- MONTI, A., ESCOFET, A. (2008). "Ocupación urbana de espacios litorales: gestión del riesgo e iniciativas de manejo de una comunidad patagónica automotivada (Playa Magagna, Chubut, Argentina)." Investigaciones geográficas **67**: 113-129.
- MONTOYA FONT, F. J. (1995). "Legislación en la gestión del litoral." Ingeniería del agua **2**: 19-29.
- MULLINS, P. (1990). "Tourist cities as new cities: Australia's Gold Coast and Sunshine Coast." Australian Planner **28(3)**: 37-41.
- MURRAY, I. (2005). Huellas en la playa de s'Arenal. La huella del impacto humano sobre la T(t)ierra y en las Islas Baleares. Sociedad y medio ambiente: ponencias presentadas en las segundas jornadas "Sociedad y medio ambiente". CABERO DIÉGUEZ, V., ESPINOZA GUERRA, L.E. (Edits.). Salamanca, Universidad de Salamanca: 197-250.
- MURRAY, I., RULLAN, O., BLÀZQUEZ, M. (2005). "Las huellas territoriales de deterioro ecológico. El transfondo oculto de la explosión turística en Baleares." Scripta Nova **XI (199)**: 181-204.
- NONN, H. (1987). Geografía de los litorales. Madrid, Akal.
- NORDSTROM, K. F. (2000). Beaches and dunes of developed coasts. Cambridge, Cambridge University Press.
- NYBAKKEN, J. W. (1997). Marine biology: an ecological approach. New York, Benjamins Cummings.
- OCDE (1995). Gestión de zonas costeras. Políticas integradas. Madrid, Ediciones Mundiprensa.
- OJEDA ZÚJAR, J., ÁLVAREZ FRANCO, J. I., MARTÍN CAJARAVILLE, D., FRAILE JURADO, P. (2009). "El uso de las tecnologías de la información geográfica para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España)." GeoFocus **9**: 83-100.
- PERELLÓ, B. (1995). Interpretació i turisme. El cas del Parc Natural de s'Albufera Bolletí de la Societat Balear d'Educació Ambiental. SBEA. Palma de Mallorca. **3**.
- PERELLÓ, B. (Coord.) (2008). 20 anys del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. Palma de Mallorca, Conselleria de Medi Ambient.

- PERGENT, C., PERGENT-MARTINI, C. (1991). "Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis " Aquatic botany **42**: 49-66.
- PERGENT-MARTINI, C., RICO.RAIMONDINO, V., PERGENT, G. (1994). "Primary production of *Posidonia oceanica* in the Mediterranean Basin." Marine Biology **120 (1)**: 9-15.
- PETHICK, J. (2001). An introduction to Coastal Geomorphology. United States, Edward Arnold Publishers.
- PICORNELL, C. (1985). "L'acció dels homes a s'Albufera. Segles XIX i XX." Lluc **720**: 8-14.
- PICORNELL, C. (1986). Turismo y paisaje en las Islas Baleares. VII Simposium of the I.G.U. comission on environment problems. Palma de Mallorca: 51-59.
- PICORNELL, C., GINARD, A. (1995). John Frederic Latrobe Bateman. S'Albufera de Mallorca. MARTÍNEZ TABERNER, A., MAYOL SERRA, J. (Edits.). Palma de Mallorca, SHNB: 39-46.
- PULEO, J. A., PEARRE, N. S., HE, L., LAUREN, S., O'NEAL, M., PIETRO, L. S., FOWLER, M. (2008). "A single-user subaerial beach profiler." Journal of Coastal Research **24**: 1080-1086.
- PYE, K. (1993). Late Quaternary development of coastal parabolic megadune complexes in northeastern Australia. Aeolian Sediments: Ancient and Modern. PYE, K. (Edit.). International Association of Sedimentologists, Special Publication. **16**: 23-44.
- PYE, K., TSOAR, H. (1990). Aeolian sand transport and sand dunes. Berlin, Springer.
- QUINTANA PEÑUELA, A. (1978). "Actividades económicas y urbanización en Mallorca." Trabajos de geografía **34**: 93-128.
- RAMÍREZ SOUTO, O., CANDELA PÉREZ, J. (2003). "Respuesta del nivel del mar al forzamiento atmosférico en las costas del Golfo de México." Serie Oceanológica **1**: 76-84.
- RANWELL, D. S. (1972). Ecology of salt marshes and sand dunes. London, Chapman & Hall.
- REY, V., DAVIES, A.G., BELZOMS, M (1995). "On the formation of bars by the action of waves on an erodible bed: a laboratory study." Journal of Coastal Research **11 (4)**: 1180-1194.

- REYES, J. L., BENAVENTE, J., GRACIA, F.J., LÓPEZ-AGUAYO, F. (1996). Efectos de los temporales sobre las playas de la bahía de Cádiz. IV Reunión de Geomorfología. GRANDAL D'ANGLADE, A., PAGÉS VALCARLOS, J. (Edits.). A Coruña: 631-643.
- RICKLEFS, R. E., SCHLUTER, D. (1993). Species diversity in ecological communities. Historical and geographical perspectives. Chicago, The University of Chicago.
- RIDDIFORD, N., MAYOL, J. (1996). S'Albufera de Mallorca, Spain. Monitoring Mediterranean Wetlands: a methodological guide. TOMÀS VIVES, P. (Edit.). UK and ICN, MedWet Publications, Slimbridge. Lisbon.
- RIDDIFORD, N., FÉRRIZ, M. (2008). Distribució de les poblacions de *Thymelaea velutina* i de *Juniperus oxicedrus* subsp. *Macrocarpa* a les dunes d'Es Comú, PN de s'Albufera, Mallorca. The Albufera International Biodiversity Projecte Annual Report 2008.
- RIDDIFORD, N., FÉRRIZ, M. (Edit.). Mallorca: 286-298.
- RIERA FONT, A., RIPOLL PENALVA, J. M. (Coord.) (2008). Informe econòmic de les Illes Balears. Palma de Mallorca, Sa Nostra.
- RODRÍGUEZ-PEREA, A., GELABERT, B. (1998). Geologia de Mallorca. Aspectes Geològics de les Balears. FORNÓS, J. (Edit.). Palma de Mallorca, UIB: 11-38.
- RODRIGUEZ-PEREA, A., SERVERA NICOLAU, J., MARTÍN PRIETO, J.A. (2000). Alternatives a la dependència de les platges de les Balears de la regeneració artificial continuada: informe Metadona. Palma de Mallorca, Universitat de les Illes Balears.
- ROIG-MUNAR, F. X. (2001). "El conocimiento de la Posidonia oceanica y sus funciones ecológicas como herramienta de gestión litoral. La realización de encuestas a los usuarios de playas y calas de la isla de Menorca." Papeles de Geografía **34**: 271-280.
- ROIG-MUNAR, F. X. (2004). "Análisi y consecuencias de la modificación artificial del perfil de playa-duna provocado por el efecto mecánico de su limpieza." Investigaciones Geográficas **33**: 87-103.
- ROIG MUNAR, F. X. (2006). "Quantificació de les pèrdues de sediment produïdes pels usuaris de les platges de Menorca (Illes Balears) com a factor erosiu significatiu." Boll. Soc. Hist. Nat. Balears **49**: 115-122.
- ROIG-MUNAR, F. X., COMAS LAMARCA, E. (2005). Propuestas de un modelo de clasificación para las playas de las Islas Baleares mediante el análisis de variables de uso, estado y gestión. Boletín de la A.G.E. Madrid, A.G.E. **40**: 429-448.

- ROIG-MUNAR, F. X., MARTIN-PRIETO, J.A. (2005). "Efectos de la retirada de bermas vegetales de *Posidonia oceanica* sobre playas de las Islas Baleares: consecuencias de la presión turística." Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM **57**: 40-52.
- ROIG-MUNAR, F. X., MARTÍN-PRIETO, J.A., RODRÍGUEZ-PEREA, A., PONS, G.X. (2008). Dades sobre la repoblació dels sistemes dunars d'es Grau, Torreta i Morella (Parc Natural de s'Albufera d'es Grau, Menorca). V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. PONS, G.X. (Edit.). Palma de Mallorca, Societat d'Història Natural de les Illes Balears: 333-335.
- ROIG-MUNAR, F. X., RODRÍGUEZ-PEREA, A., PONS, G.X., MARTIN PRIETO, J.A. (2009). "Análisis de técnicas de gestión litoral en las Islas Baleares (España) mediante su valorización geoambiental y económica." Revista del medio ambiente, turismo y sustentabilidad **2 (2)**: 57-66.
- ROIG-MUNAR, F.X., FRAGA i ARGUIMBAU, P., MARTÍN-PRIETO, J.A., PONS BUADES, G.X. i RODRÍGUEZ-PEREA, A. (2009b). Fixació i estabilització de sistemes dunars a les Illes Balears per processos de forestació: el cas de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, **52**:
- ROIG MUNAR, F. X., MARTÍN-PRIETO, J.A., MIR-GUAL, M., PONS, G.X., RODRÍGUEZ-PEREA, A. (en premsa). Balance sedimentario negativo por la retirada de *Posidonia oceanica* por las playas de Ibiza (Islas Baleares). Actas de las VI Jornadas de Geomorfología Litoral. RODRÍGUEZ SANTALLA, I., SÁNCHEZ GARCÍA, M.J., MONTOYA MONTES, I. (Edits.). Tarragona.
- ROSE, J., MENG, X., WATSON, C. (1999). "Palaeoclimate and palaeoenvironmental responses in the western Mediterranean over the last 140 ka: evidence from Mallorca, Spain." Journal of the Geological Society **156**: 435-448.
- ROSSELLÓ, V. M. (1964). Mallorca. El Sur i el Sureste. Tesi Doctoral. Palma de Mallorca, Gràfiques Miramar: 553.
- ROSSELLÓ, V. M. (1975). "El litoral de Mallorca." Trabajos de Geografía **27**: 19.
- ROSSELLÓ, V. M. (1993). "Albuferas Mediterráneas." Cuadernos de Geografía **53**: 35-64.

- RUIZ, J., ROMERO, J. (2001) "Effects of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*". Marine ecology progress series **215**: 107-120.
- RULLAN, O. (1999). "Crecimiento y política territorial en las Islas Baleares (1955-2000)." Estudios Geográficos **60 (236)**: 403-442.
- RULLAN, O. (1999b). De la Cova de Canet al Tercer Boom turístic. Una primera aproximació a la geografia històrica de Mallorca. El medi ambient a les Illes Balears. Qui és qui? ALENYÀ, M. (Edit.). Palma de Mallorca, Ed. Sa Nostra: 171-213.
- RULLAN, O. (2002). La construcció territorial de Mallorca. Palma de Mallorca, Editorial Moll.
- RULLAN, O. (2007). L'ordenació territorial a les Balears (segles XIX-XX). Palma de Mallorca, Edicions Documenta Balear.
- SABAT, F., RODRÍGUEZ-PEREA, A. (1989). The Geology of Mallorca: a field trip. Barcelona.
- SAN FELIX, M. (2000). La posidònia. El bosc submergit. Palma de Mallorca, Documenta Balear.
- SCHMITT, T. (1994). Degradació de la vegetació psamòfila litoral de Mallorca. Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears. SHNB. Palma de Mallorca. **37**: 151-174.
- SCHÜRGENS, P. (2007). Diagnóstico espacial del estado turístico. El núcleo turístico de Can Picafort en el municipio de Santa Margalida (Inèdit). Düsseldorf.
- SERVERA, J. (1997) "Els sistemes dunars de les Illes Balears". Tesi Doctoral, 2 vol. Dept. de Ciències de la Terra. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- SERVERA, J. (2004). Geomorfologia del Litoral de les Illes Balears. Palma de Mallorca, Edicions Documenta Balear.
- SERVERA, J. (2008). Importància i conservació dels sistemes platja - duna de s'Albufera. 20 anys del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. PERELLÓ, B. (Coord.). Palma de Mallorca, Conselleria de Medi Ambient: 121.
- SERVERA, J., RODRÍGUEZ-PEREA, A., MARTÍN-PRIETO, J.A. (2007) "Los sistemas playa – duna en las Baleares". Geomorfología Litoral. Migjorn i llevant de Mallorca. FORNÓS, J., GINÉS, J., GÓMEZ-PUJOL, L. (Edits.). Monogràfic Societat d'Història Natural de Balears, 15: **61-74**

- SERVERA, J., GELABERT, B., RODRÍGUEZ-PEREA, A. (2009). "Development and setting of the Alcudia Bay beach-dune system (Mallorca, Spain)." Geomorphology **110**: 172-181.
- SOLEDISPA, B. (2007). "Características de las sedimentación marina litoral comprendida entre la Puntilla de Santa Elena y Punta Ancón, provincia de Santa Elena, Ecuador." Acta Oceanográfica del Pacífico **14**: 181-188.
- STRAHLER, A. N., STRAHLER, A. H. (1989). Geografía Física. Barcelona, Ediciones Omega.
- SUÁREZ DE VIVERO, J. L. (1999). Delimitación y definición del espacio litoral. Actas de las Jornadas sobre el litoral de Almería: caracterización, ordenación y gestión de un espacio geográfico. VICIANA MARTÍNEZ-LAGE, A., GALAN PEDREGOSA, A. (Edits.). Almería: 13-23.
- TERMCAT (2003). Diccionari de geografia física. Termcat, Barcelona.
- THOMAS, D. (1999). Coastal and continental dune management into the twenty-first century. Aeolian environments, sediments and landforms. GOUDIE, A.S., LIVINGSTONE, I., STOKES, S. (Edits.). John Wiley and sons: 105-127.
- TINTORÉ, J., MEDINA, R., GÓMEZ-PUJOL, L., ORFILA, A., VIZOSO, G. (2009). "Integrated and interdisciplinary scientific approach to coastal management." Ocean and coastal management **52 (10)**: 1-13.
- TOVILLA HERNÁNDEZ, C., PÉREZ GIMÉNEZ, J. C., ARCE IBARRA, A. M. (2009). Gestión litoral y política pública en México: un diagnóstico. México, CYTED Red Iberoamericana: 24.
- VASQUEZ, J., CAMUS, P., OJEDA, F. (1998). "Diversidad, estructura y funcionamiento de ecosistemas costeros rocosos del norte de Chile." Revista Chilena de Historia Natural **71**: 479-499.
- VERGARA, M. A. (2007). Desarrollo integral y sustentable de lagunas costeras mexicanas. . Trabajo de ingreso como miembro de la Academia de Ingeniería. Mexico, Academia de Ingeniería: 25.
- VICENS, D., GRACIA, F. (1998). Aspectes paleontològics i estratigràfics del Plistocè superior de Mallorca. Aspectes geològics de les Balears. FORNÓS, J. (Edit.). Palma de Mallorca, UIB: 191-220.
- VIÑALS, M. J. (1999). "Los variabilidad de las cubetas de los humedales mediterráneos: formas y procesos geomórficos." Humedales Mediterráneos (SEHUMED) **1**: 91-98.



WEYLER, F. (1854). Topografía Física Médica de las Islas Baleares y en partiular de la de Mallorca. Palma de Mallorca, Impremta Gelabert.

WHITTINGHAM, E. (1999). The coastal zone of Alcudia Bay, Mallorca: an assessment of change and potential anthropogenic impacts on the *Posidonia oceanica* seagrass habitat. Newcastle, Center for tropical coastal management. University of Newcastle.

### **Documents administratius**

DECRET 4/1988, de 28 de gener, pel qual es declara Parc Natural de s'Albufera de Mallorca. Govern de les Illes Balears, Conselleria d'Agricultura i Pesca.

DECRET 89/1990, de 4 d'octubre, aprovant el pla d'ús i gestió de s'Albufera de Mallorca i dictant les normes necessàries per complir-lo. Govern de les Illes Balears, Conselleria d'Agricultura i Pesca.

DECRET 116/1994, de 22 de novembre., de modificació del Decret 4/1988 pel qual es declara Parc Natural de s'Albufera de Mallorca, i del Decret 85/1992, de 18 de novembre, pel que es crea el Parc Natural de Mondragó. Govern de les Illes Balears.

DECRET 19/1999, de 15 de març, pel qual s'aprova el Pla d'ús i gestió del Parc Natural de s'Albufera de Mallorca al període de 1999-2004, i es dicten les normes necessàries per acomplir-lo. Conselleria de Medi Ambient, Ordenació del Territori i Litoral.

DECRET 40/2002, de 15 de març, pel qual es modifica el Decret 4/1988, de 28 de gener, de declaració del Parc natural de s'Albufera de Mallorca. Govern de les Illes Balears, Conselleria de Medi Ambient.

DECRET 52/2003, de 16 de maig, de modificació del Decret 4/1988, de 18 de gener, de declaració del parc natural de s'Albufera de Mallorca, Govern de les Illes Balears, Conselleria de Medi Ambient.

DECRET 28/2006, de 24 de març, pel qual es declaren Zones d'Espècial Protecció per a les Aus (ZEPAs) a l'àmbit de les Illes Balears

DECRET 75/2005, de 8 de juliol, pel qual es crea el Catàleg Balear d'Espècies Amenaçades i d'Espècial Protecció, les Àrees Biològiques Crítiques i el Consell Assessor de Flora i Fauna de les Illes Balears

DIRECTIVA 79/409/CE, de 2 d'abril de 1979, relativa a la conservació de les aus silvestres.

DIRECTIVA 92/43/CE, de 21 de maig de 1992, relativa a la conservació dels hàbitats naturals de la flora i la fauna silvestres.

LLEI 22/1988, de 22 de juliol, de costes.

LLEI 4/1989, de 27 de març, de coservació dels Espais Naturals i de la flora i fauna silvestre.

LLEI 1/1991, de 30 de gener, d'Espais Naturals i de règim urbanísitc de les Àrees d'Espacial Protecció de les Illes Balears.

LLEI 5/2005, de 26 de maig, per a la conservació dels espais de rellevància ambiental (LECO)

LLEI 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat.

### **Documents electrònics**

IBAE: [http://www.caib.es/ibae/fitxesmunicipals/fitxes/fitxa\\_muro\\_cat.html](http://www.caib.es/ibae/fitxesmunicipals/fitxes/fitxa_muro_cat.html)

GREENPEACE (2009). Destrucción a toda costa. Baleares: 287.

<http://www.greenpeace.org/espana/reports/090622-06?mode=send>

IBAE (2008) “Les Illes Balears en xifres”, dins [www.caib.es/ibae/xifres\\_2008](http://www.caib.es/ibae/xifres_2008)

NOVO MESEGUÉ, J.L. (ANY) “Viento, vegetacion y potencial eólico” a [www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia29/HTML/articulo03.htm](http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia29/HTML/articulo03.htm)

SERVERA, J. (2002) “Can Picafort. Isle de Mallorca (Spain). Eurosion Case Study, a [http://databases.eucc-d.de/files/000153\\_EUROSION\\_Can\\_Picafort\\_fin.pdf](http://databases.eucc-d.de/files/000153_EUROSION_Can_Picafort_fin.pdf)

## **ANNEXOS**

---

### **ANNEX 1. Perfils de platja**

- Perfils de platja
- Variació de la línia de costa
- Volums sedimentaris

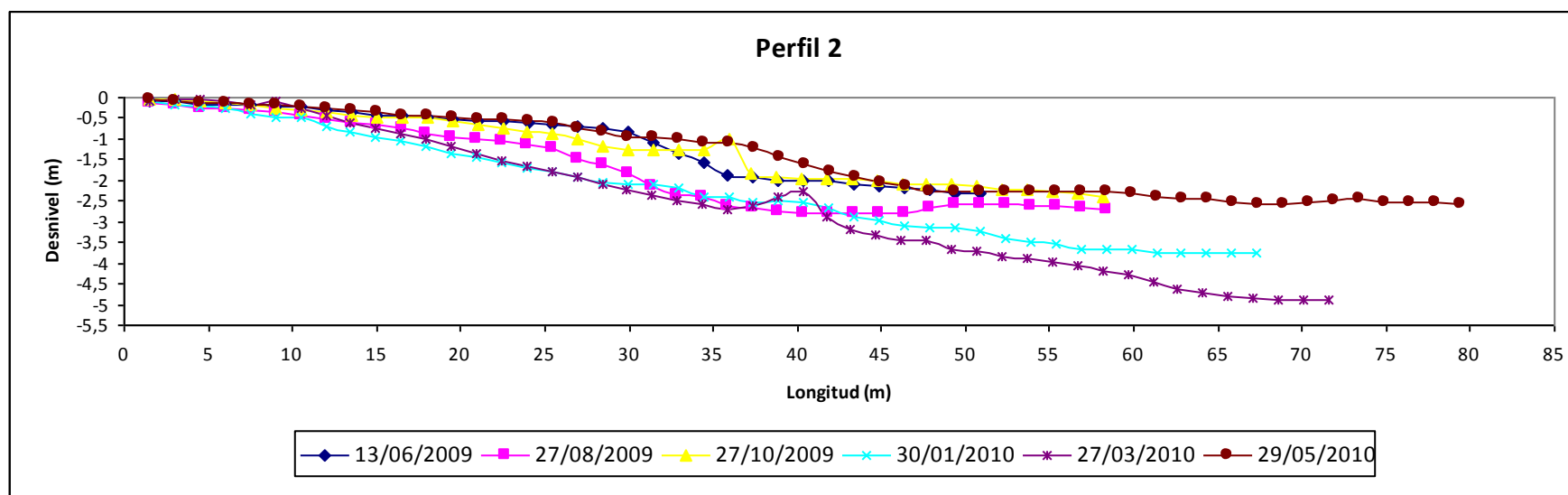
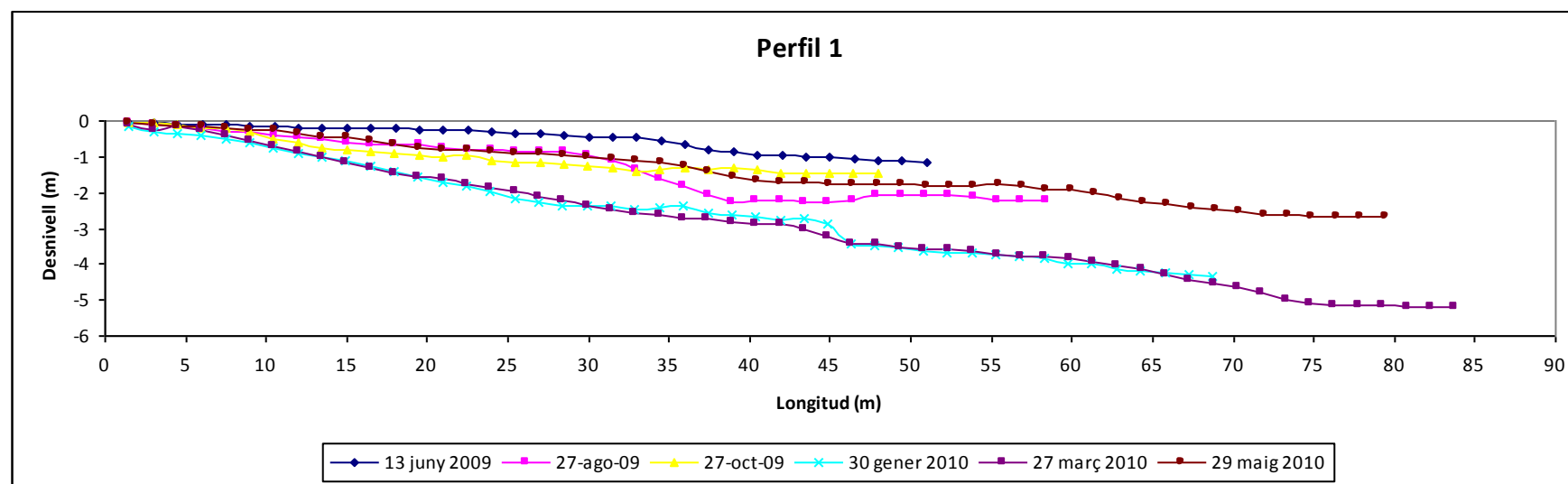
### **ANNEX 2. Característiques del front dunar**

- Coincidència entre espècies: vegetació herbàcia
- Coincidència entre espècies: vegetació arbustiva
- Diversitat d'espècies al front dunar
- Classificació de blowouts segons Hesp (1956, 2002)

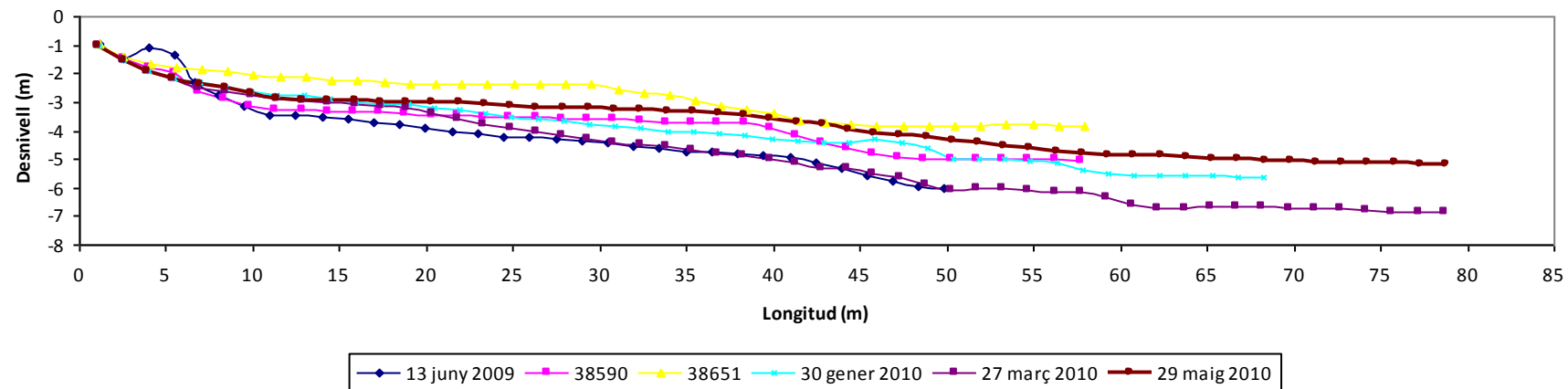
### **ANNEX 3. Mostreig de sediment a les platges de Can Picafort i es Comú de Muro**

# Annex 1

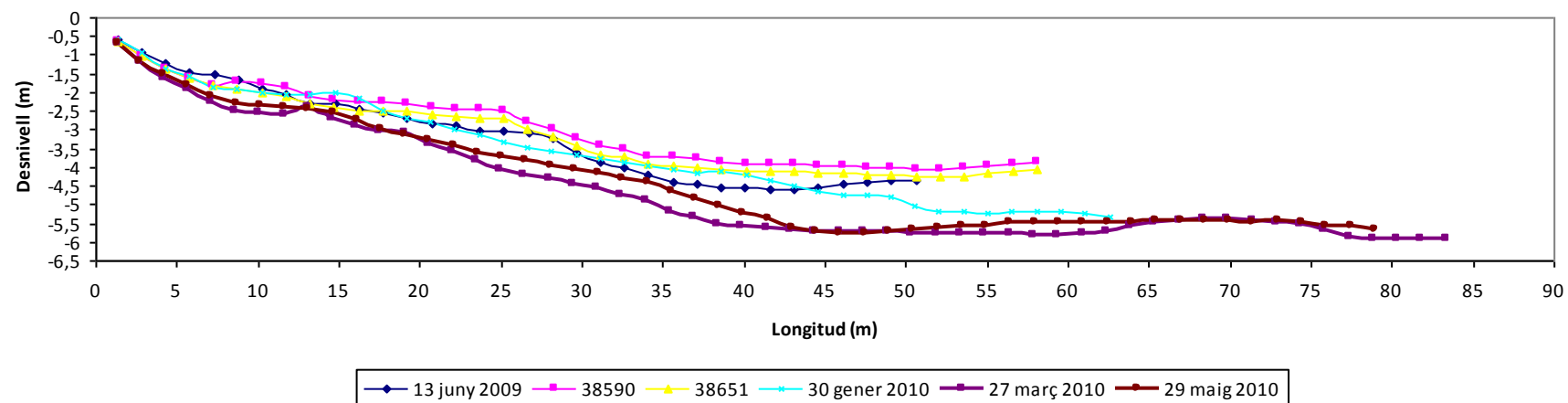
---

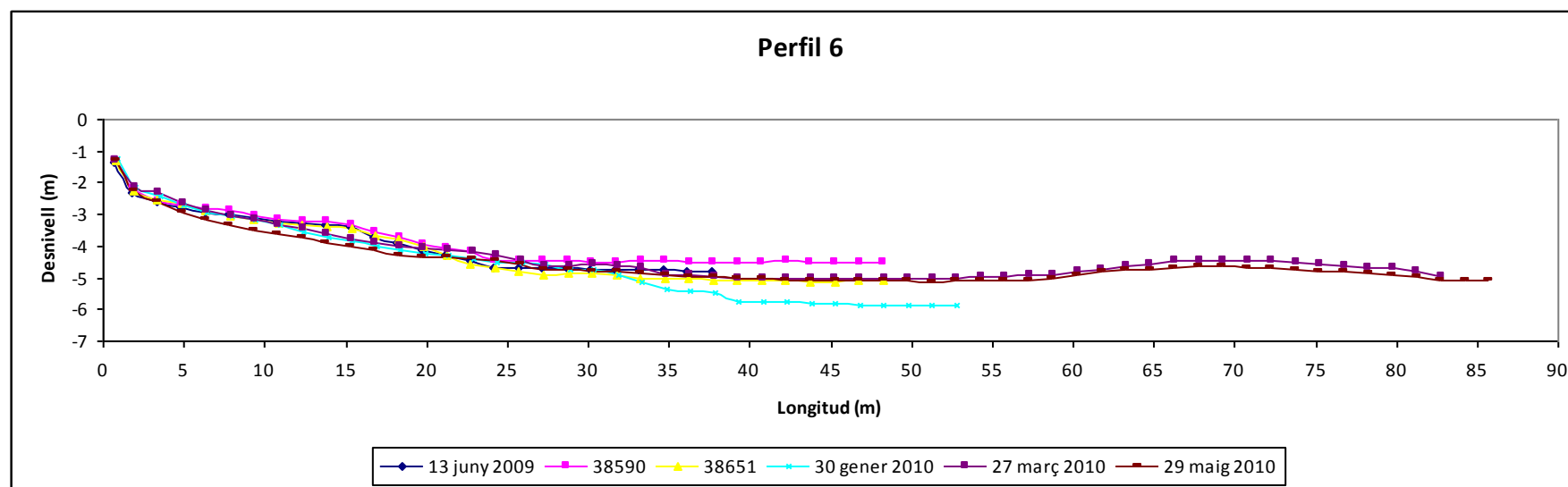
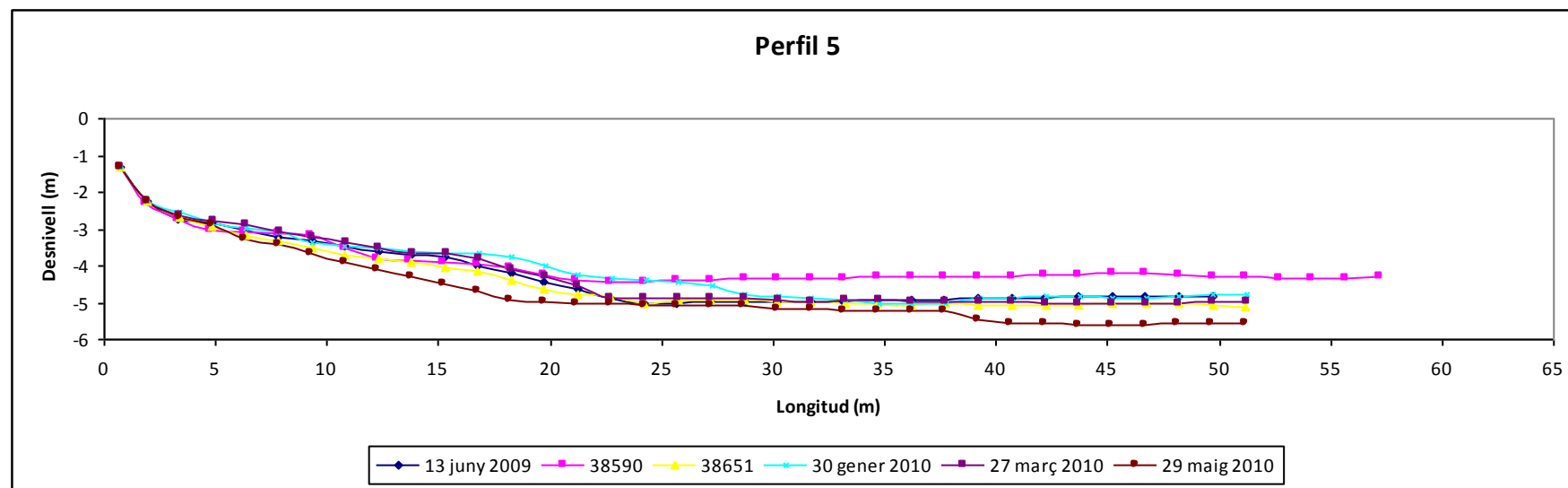


**Perfil 3**



**Perfil 4**





**ANNEX 1****VARIACIÓ DE LA LÍNIA DE COSTA**

	<b>Perfil 1</b>	<b>Perfil 2</b>	<b>Perfil 3</b>	<b>Perfil 4</b>	<b>Perfil 5</b>	<b>Perfil 6</b>	
	Distancia swash (m)	Distancia swash (m)	Distancia swash (m)	Distancia swash (m)	Distancia swash (m)	Distancia swash (m)	<b>Mediana</b>
<b>13-jun-09</b>	37,5	33	42	31,5	21	21	31,00
<b>27-ago-09</b>	31,5	30	43	28,5	18	22	28,83
<b>27-oct-09</b>	27,5	35	36	30	19,5	22,5	28,42
<b>30-ene-10</b>	48	43,5	51	42	21	34,5	40,00
<b>27-mar-10</b>	45	40,5	49,5	39	19,5	37,5	38,50
<b>29-may-10</b>	40,5	42	42	36	15	36	35,25
<b>Mediana</b>	38,33	37,33	43,92	34,50	19,00	28,92	<b>33,67</b>



## ANNEX 1

## VOLUMS SEDIMENTARIS

PERFIL 1						
Dia	m2 total	m3 total	m2 p.emergida	m3 p.emergida	m2 p.submergida	m3 p. submergida
13 juny 2009	280,14	100850,4	205,7	74052,00	74,44	26798,4
27-ago-09	366,75	132030	181,87	65473,20	184,88	66556,8
27-oct-09	285,68	102844,8	157,91	56847,60	127,77	45997,2
30 gener 2010	513,52	184867,2	336,08	120988,80	177,44	63878,4
27 març 2010	667,25	240210	311,83	112258,80	355,41	127947,6
29 maig 2010	514,30	185148	240,39	86540,40	273,91	98607,6
<b>Mitjana</b>	437,94	157658,4	238,96	86026,80	198,975	71631,00

PERFIL 2						
Dia	m2 total	m3 total	m2 p.emergida	m3 p.emergida	m2 p.submergida	m3 p. submergida
13 juny 2009	304,03	69926,9	178,55	41066,50	125,48	28860,4
27-ago-09	408,77	94017,1	171,2	39376,00	237,57	54641,1
27-oct-09	378,98	87165,4	190,91	43909,30	188,07	43256,1
30 gener 2010	467,42	107506,6	278,69	64098,70	188,73	43407,9
27 març 2010	521,29	119896,7	252,05	57971,50	269,24	61925,2
29 maig 2010	506,46	116485,8	233,92	53801,60	272,53	62681,9
<b>Mitjana</b>	431,16	99166,42	217,55	50037,27	213,60	49128,77

PERFIL 3						
Dia	m2 total	m3 total	m2 p.emergida	m3 p.emergida	m2 p.submergida	m3 p. submergida
13 juny 2009	645,39	400141,8	397,03	246158,60	248,36	153983,2
27-ago-09	837,8	519436	397,07	246183,40	440,73	273252,6
27-oct-09	567,29	351719,8	291,8	180916,00	275,49	170803,8
30 gener 2010	782	484840	474,87	294419,40	307,13	190420,6
27 març 2010	843,19	522777,8	480,67	298015,40	353,52	219182,4
29 maig 2010	752,22	466376,4	369,77	229257,40	382,45	237119
<b>Mitjana</b>	737,98	457548,63	401,87	249158,37	334,61	207460,27

PERFIL 4						
Dia	m2 total	m3 total	m2 p.emergida	m3 p.emergida	m2 p.submergida	m3 p. submergida
13 juny 2009	479,65	143895	244,49	73347,00	235,16	70548
27-ago-09	502,76	150828	211,89	63567,00	290,87	87261
27-oct-09	644,07	193221	229,71	68913,00	414,36	124308
30 gener 2010	548,88	164664	346,21	103863,00	202,67	60801
27 març 2010	840,1	252030	341,46	102438,00	498,64	149592
29 maig 2010	826,60	247980	302,39	90717,00	524,21	157263
<b>Mitjana</b>	640,34	192103,00	279,36	83807,50	360,99	108295,50

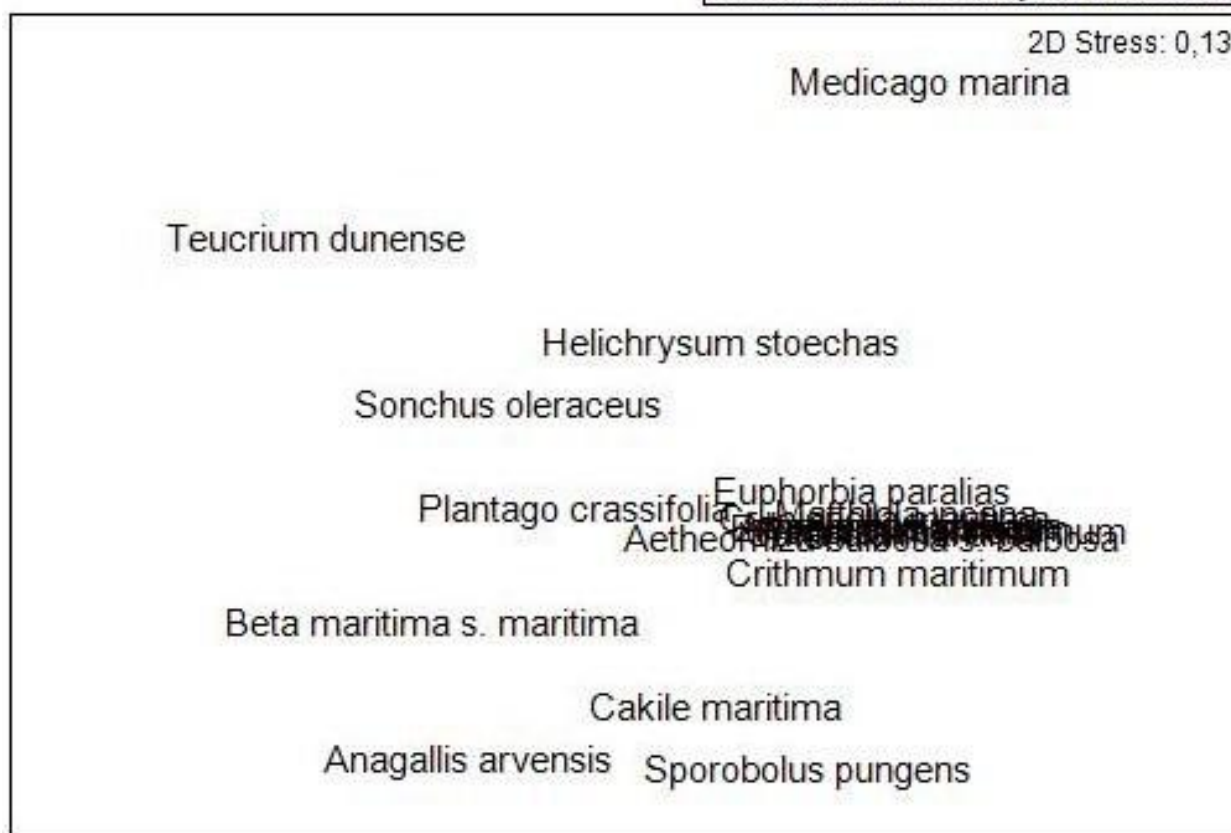
PERFIL 5						
Dia	m2 total	m3 total	m2 p.emergida	m3 p.emergida	m2 p.submergida	m3 p. submergida
13 juny 2009	535,15	535150	159,97	159970,00	375,19	375190
27-ago-09	512,18	512180	134,18	134180,00	378,7	378700
27-oct-09	444,91	444910	149,48	149480,00	295,43	295430
30 gener 2010	432,41	432410	157,56	157560,00	274,86	274860
27 març 2010	438,23	438230	145,25	145250,00	292,98	292980
29 maig 2010	458,93	458930	112,43	112430,00	346,49	346490
<b>Mitjana</b>	470,30	470301,67	143,15	143145,00	327,28	327275,00

# Annex 2

---

*Grau de coincidència entre espècies*  
*Vegetació psammòfila herbàcia*

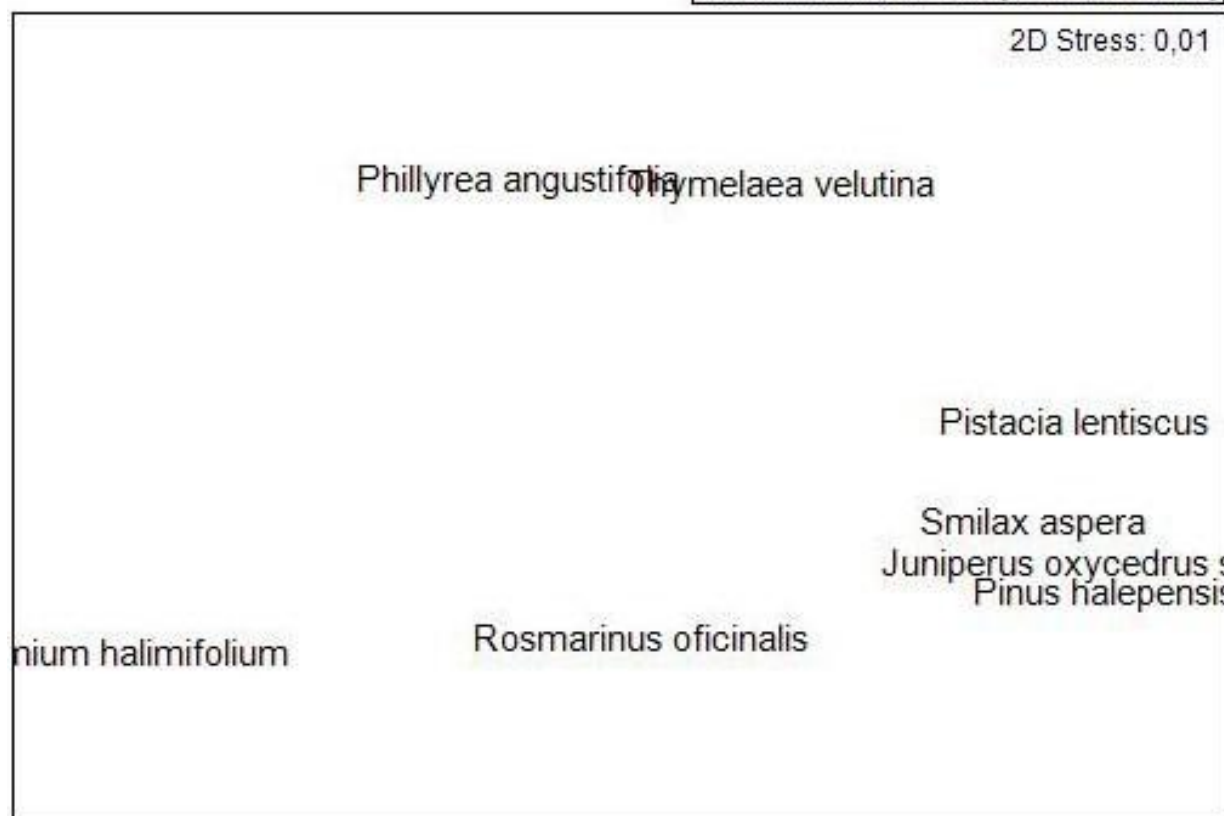
Resemblance: S17 Bray Curtis similarity



*Grau de coincidència entre espècies*  
*Vegetació psammòfila arbustiva*

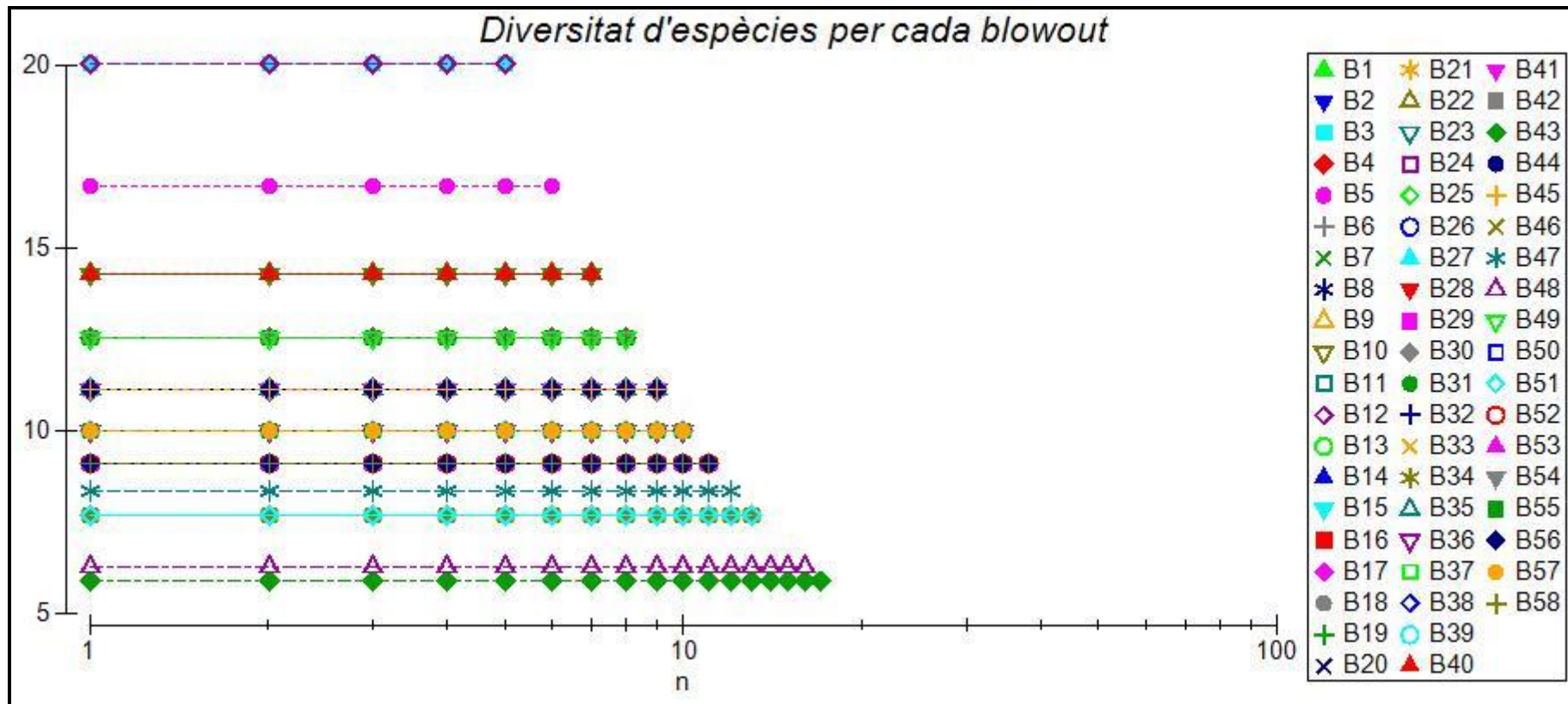
Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

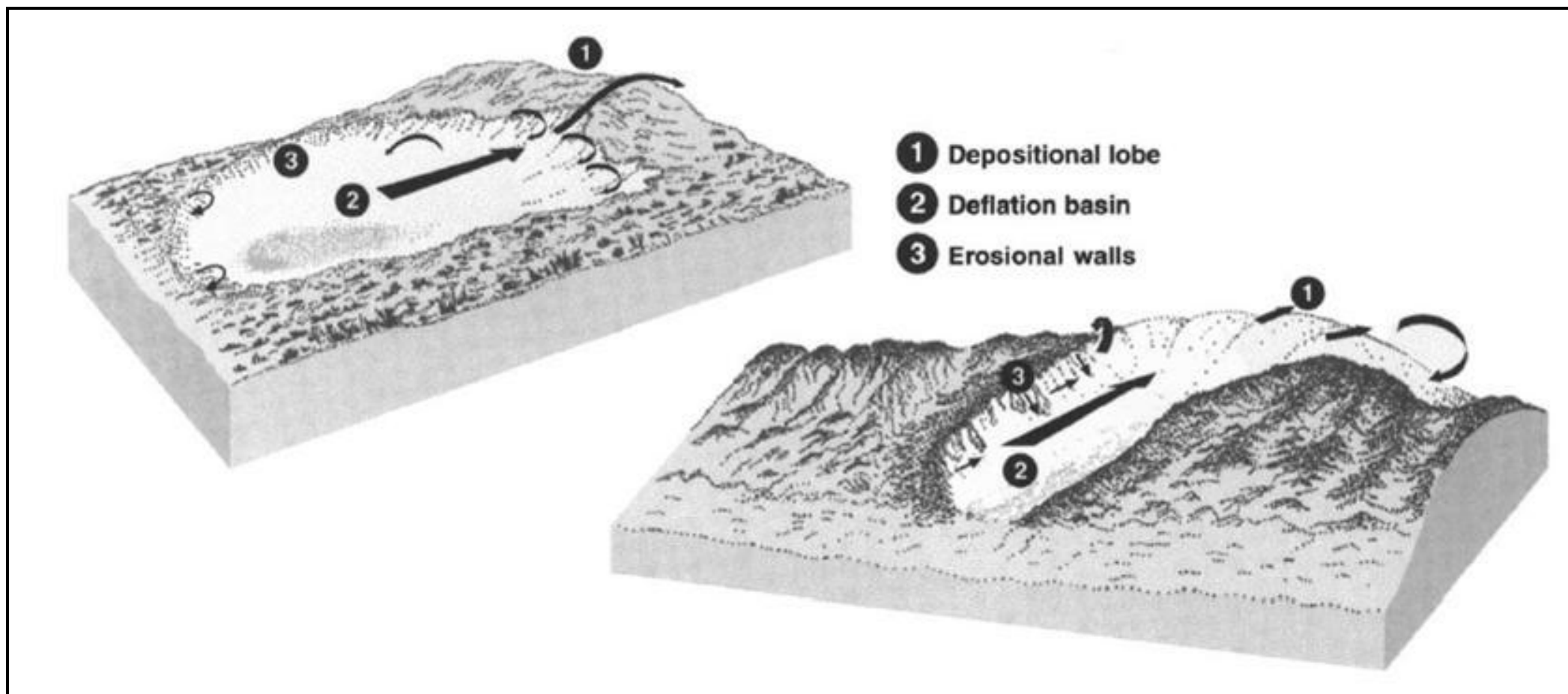
2D Stress: 0,01



## ANNEX 2

## DIVERSITAT D'ESPÈCIES AL FRONT DUNAR





# Annex 3

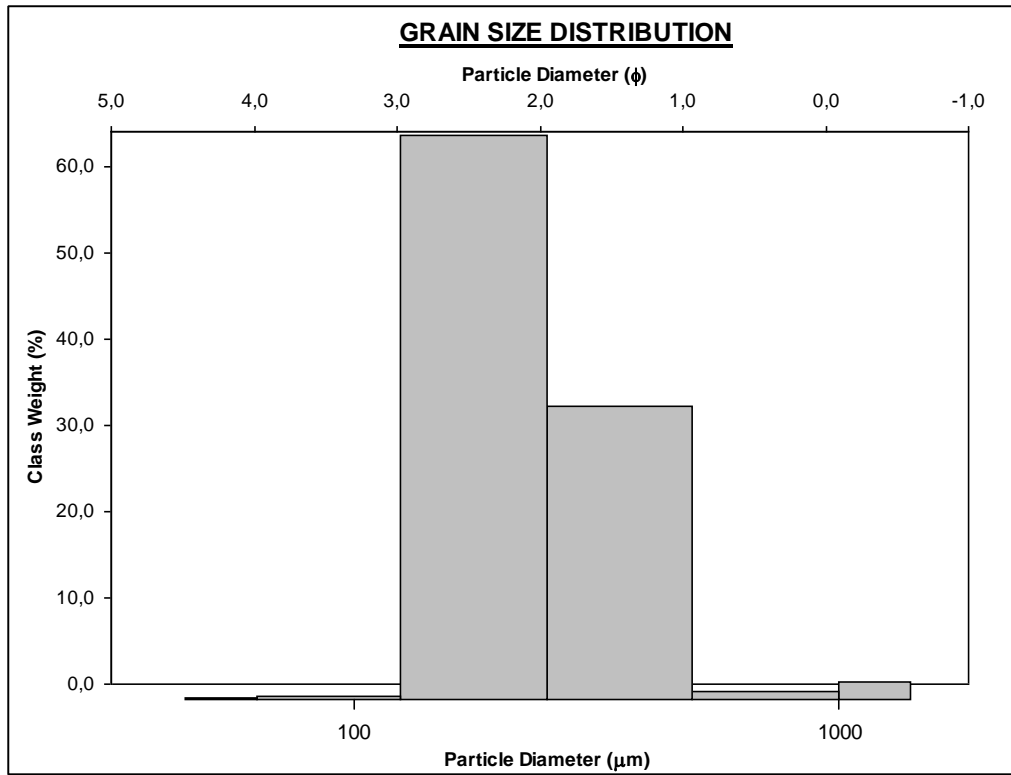
---



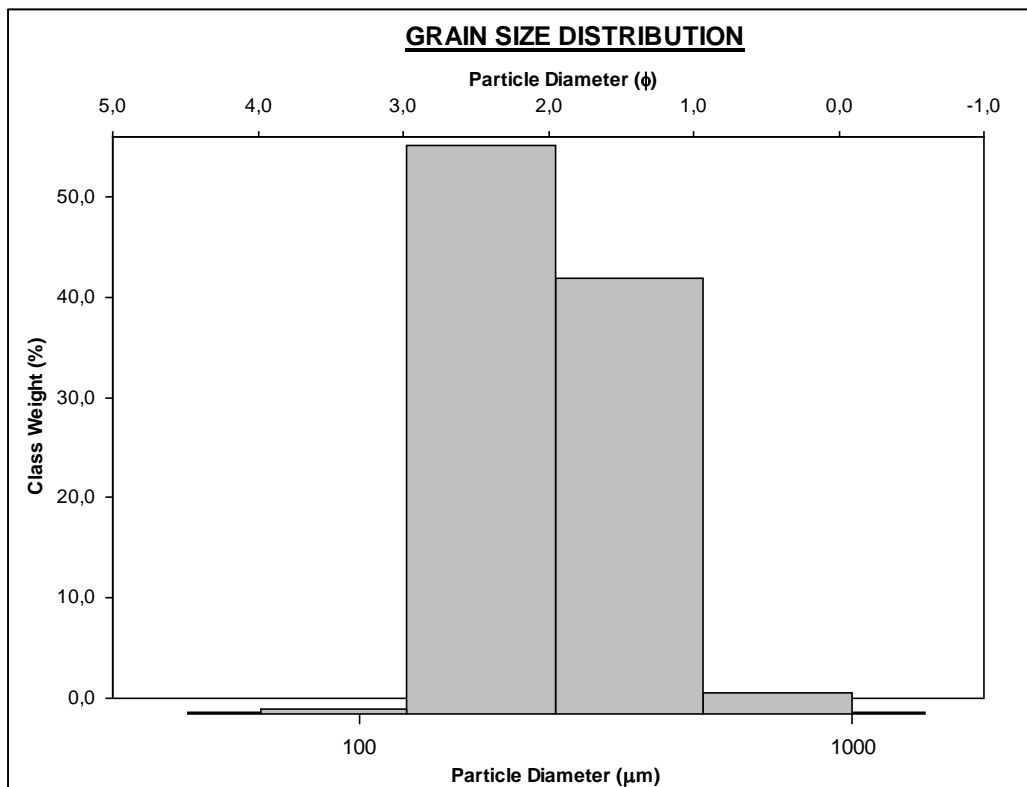
### ANNEX 3 SEDIMENTOLÒGIQUES

### CARACTERÍSTIQUES

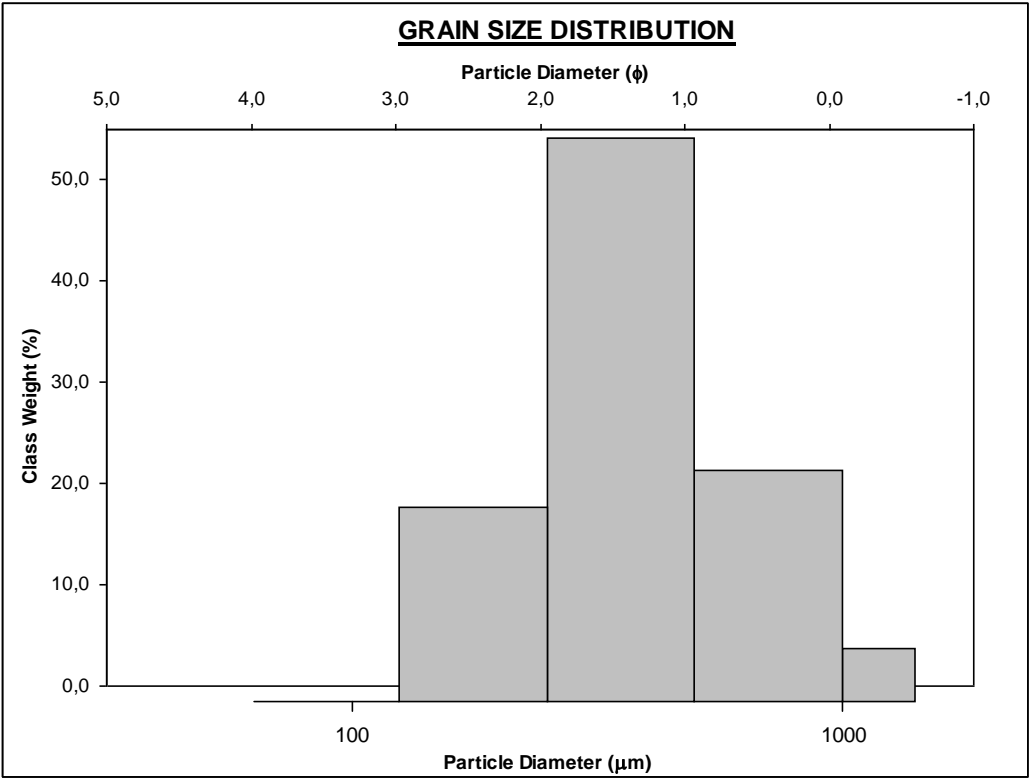
#### PERFIL 1A



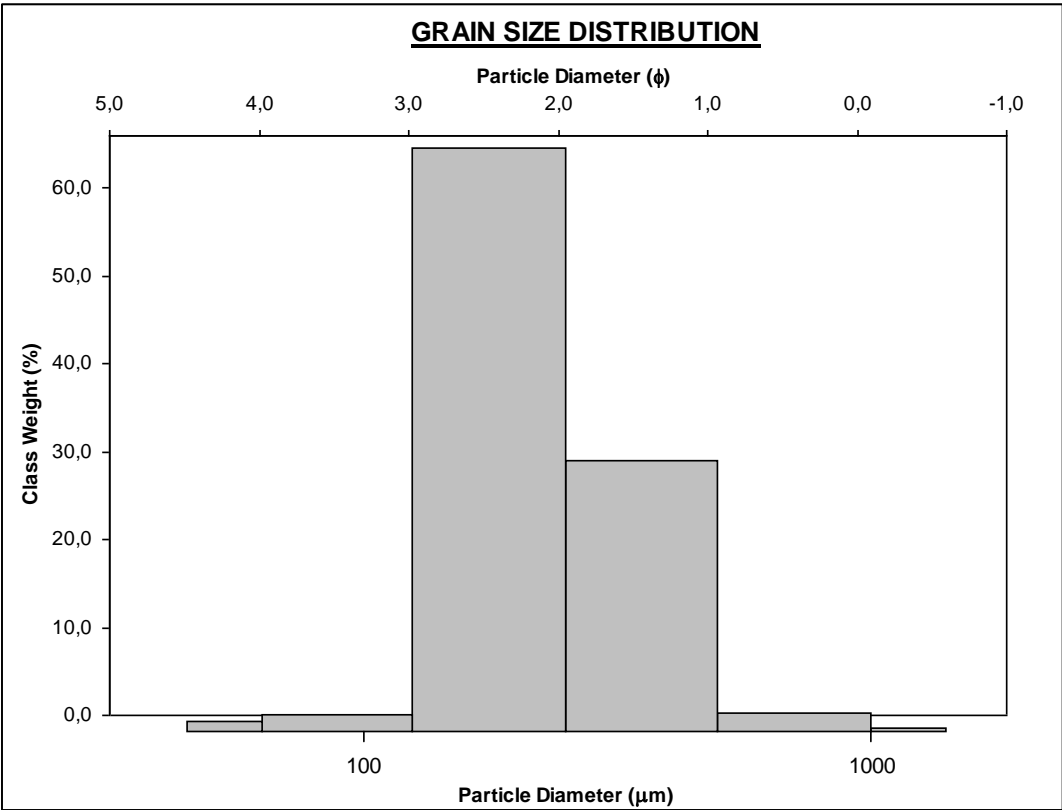
#### PERFIL 1B



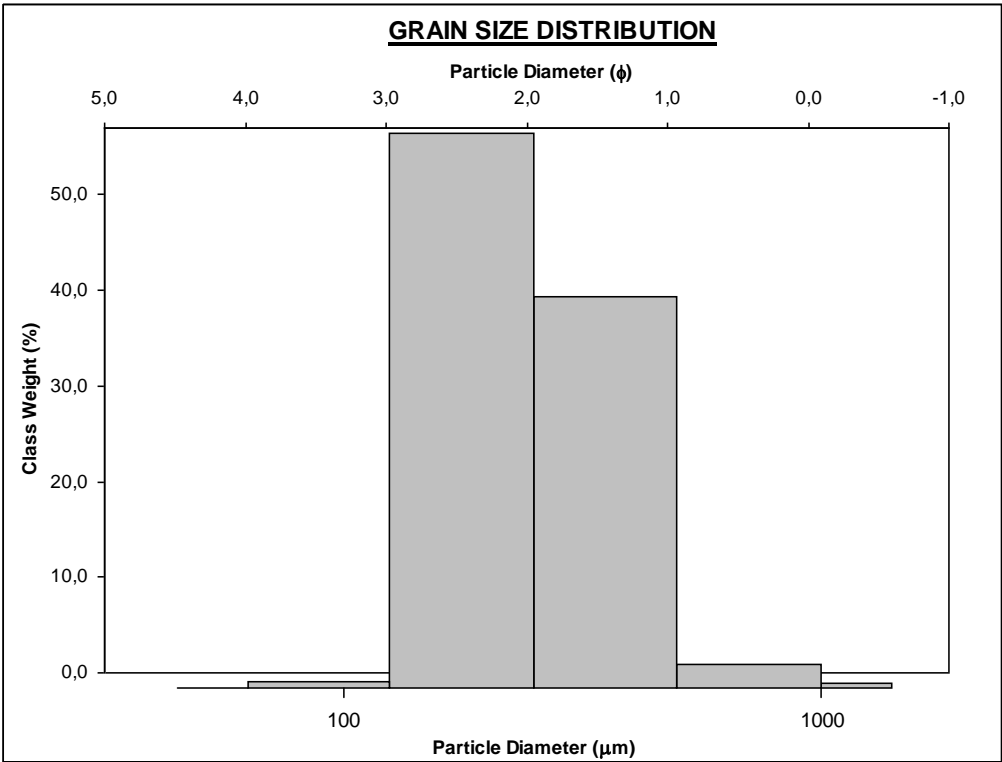
**PERFIL 1C**



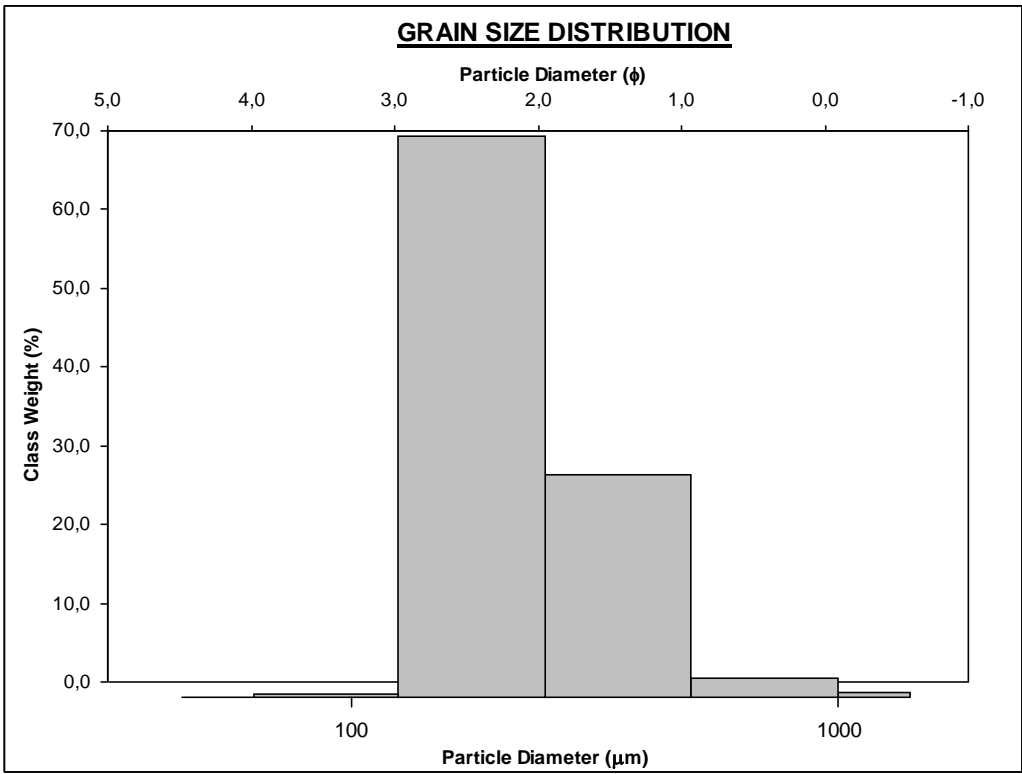
**PERFIL 2A**



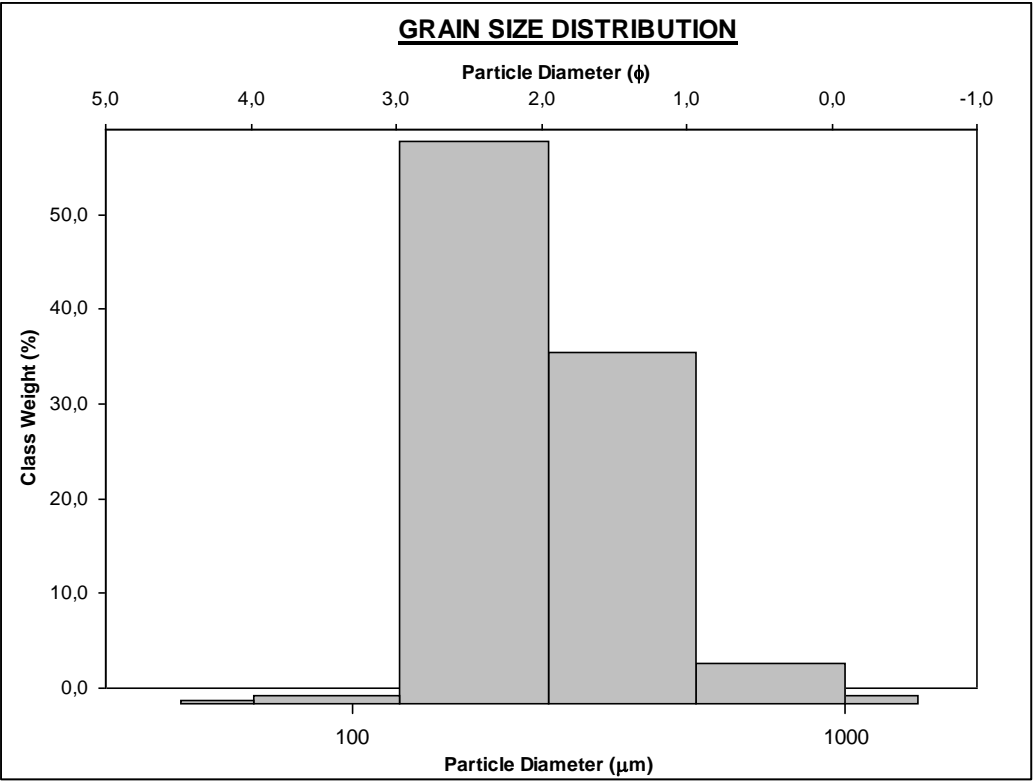
**PERFIL 2B**



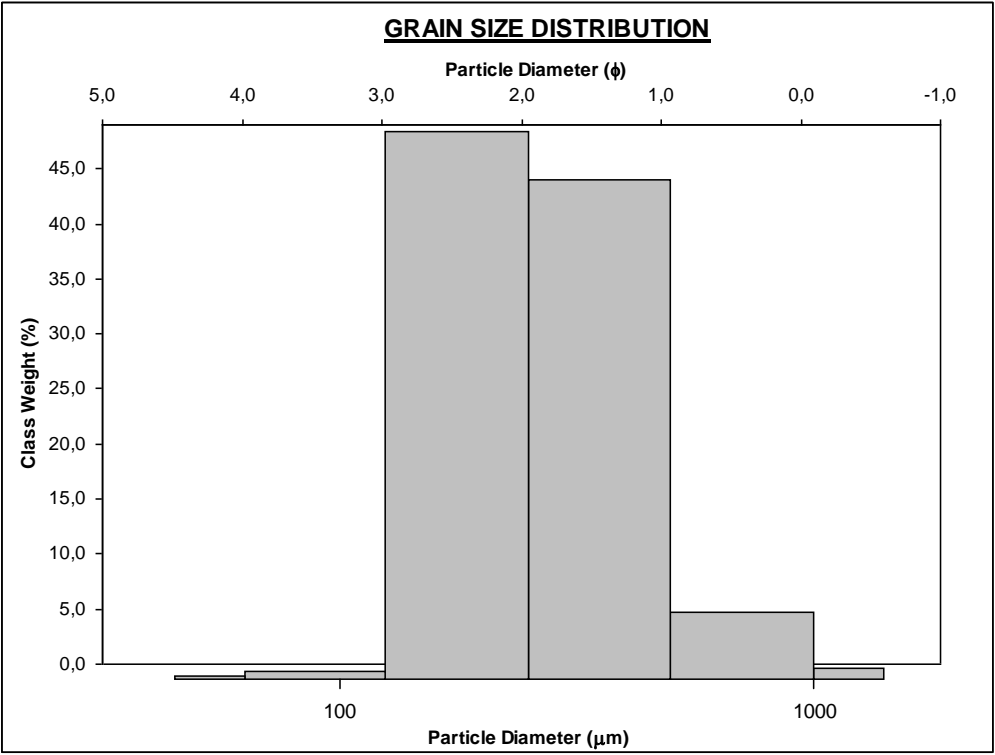
**PERFIL 2C**



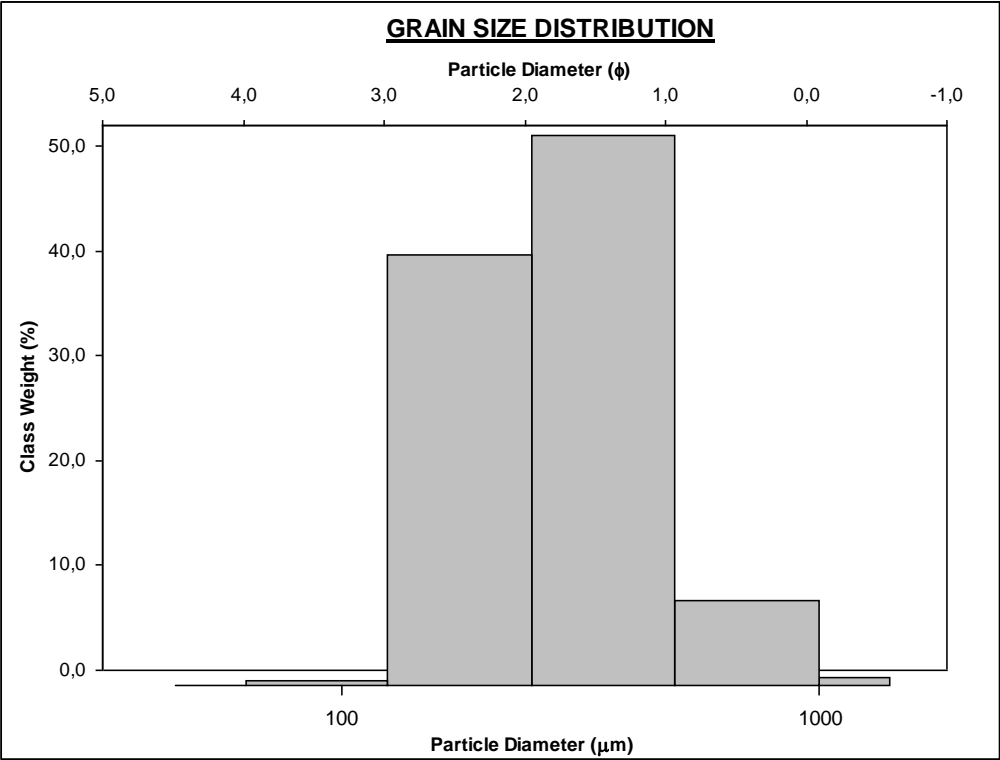
**PERFIL 3A**



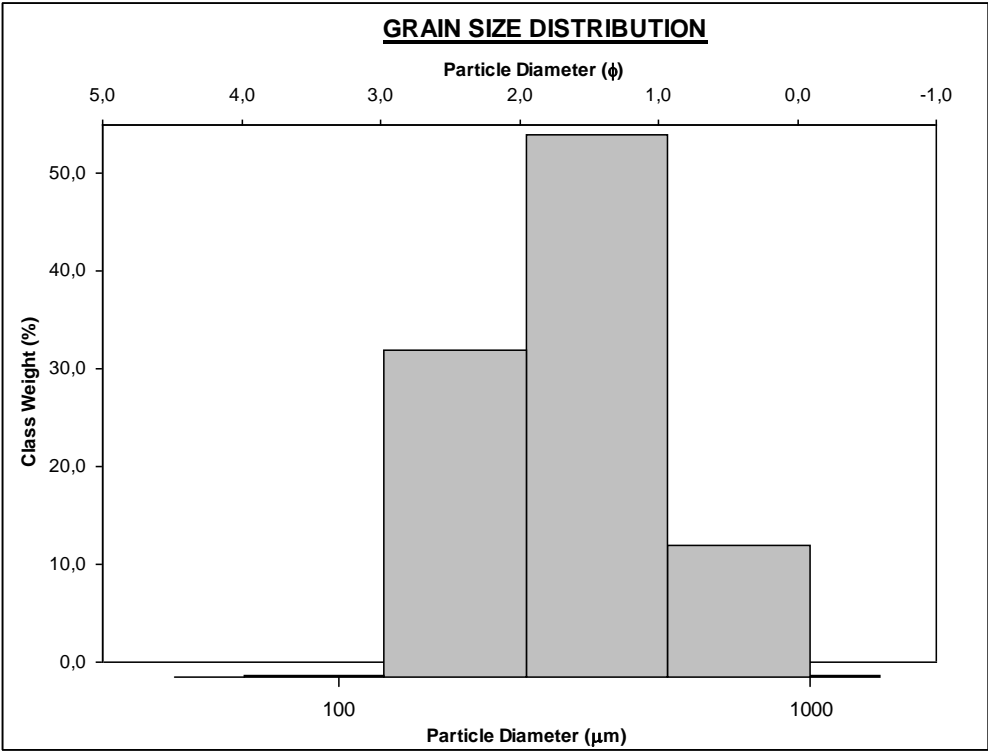
**PERFIL 3B**



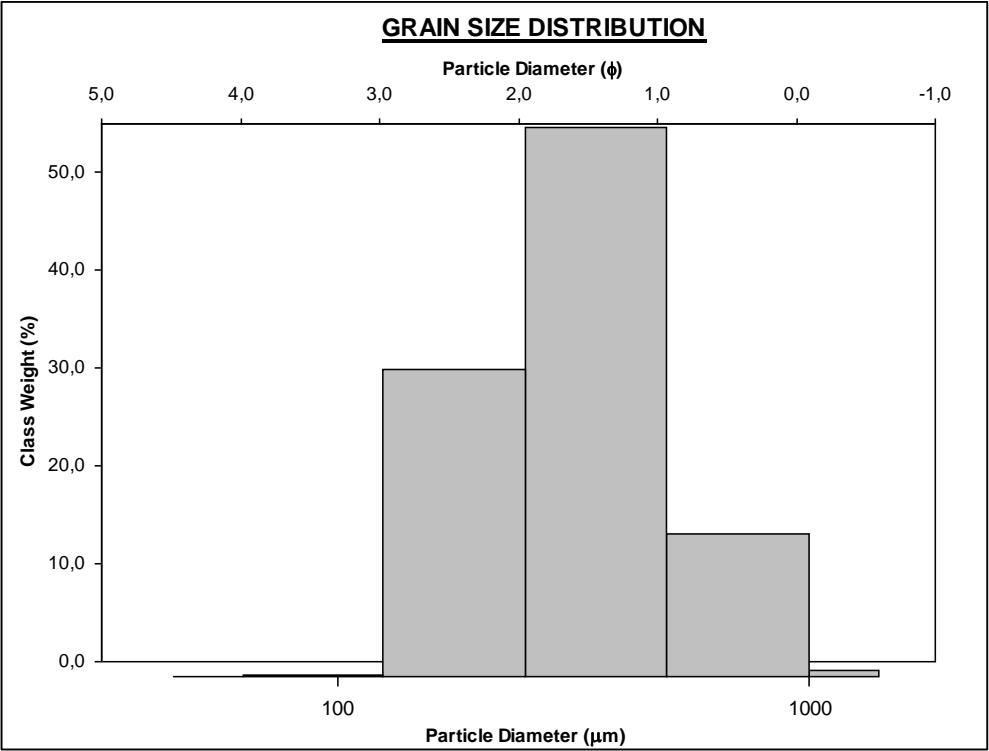
**PERFIL 3C**



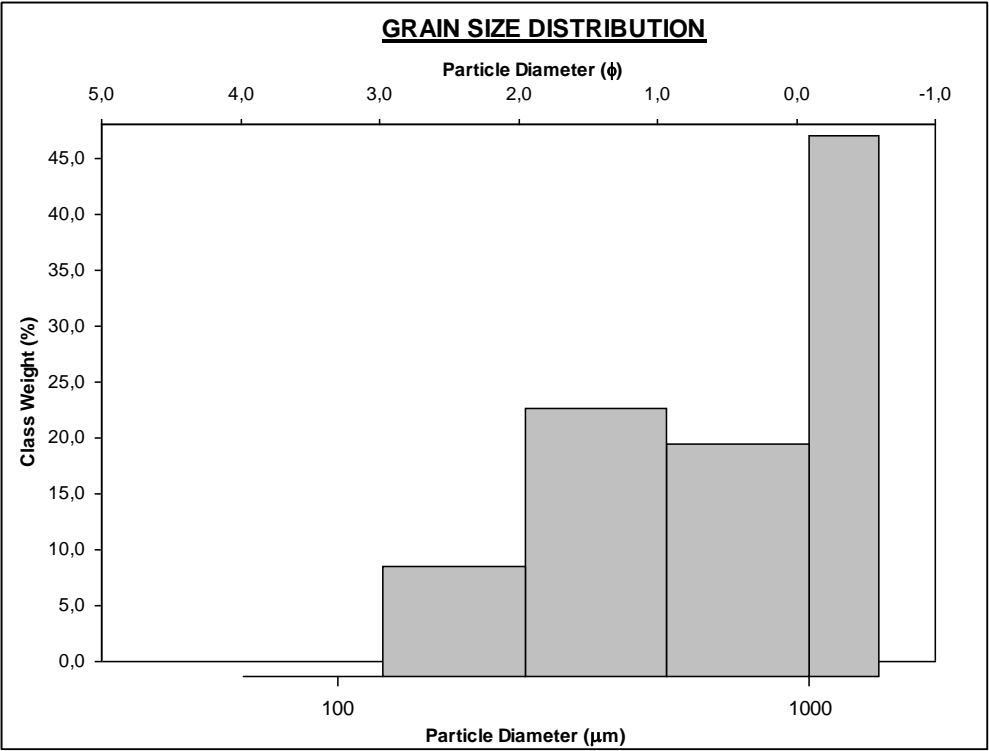
**PERFIL 4A**



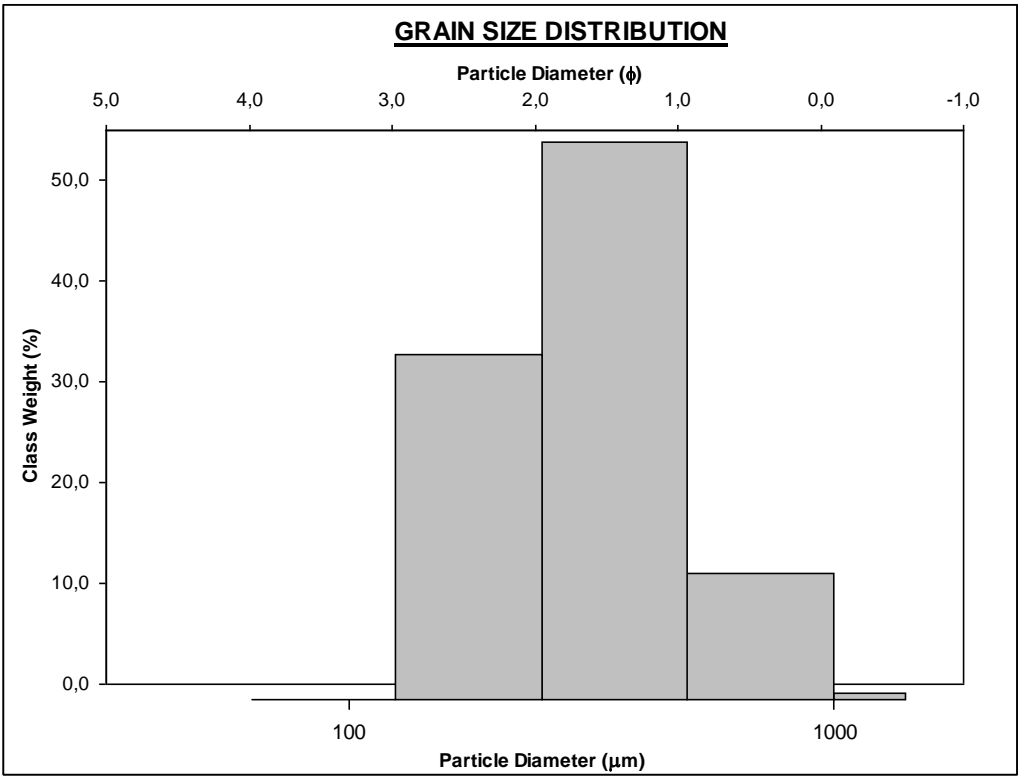
**PERFIL 4B**



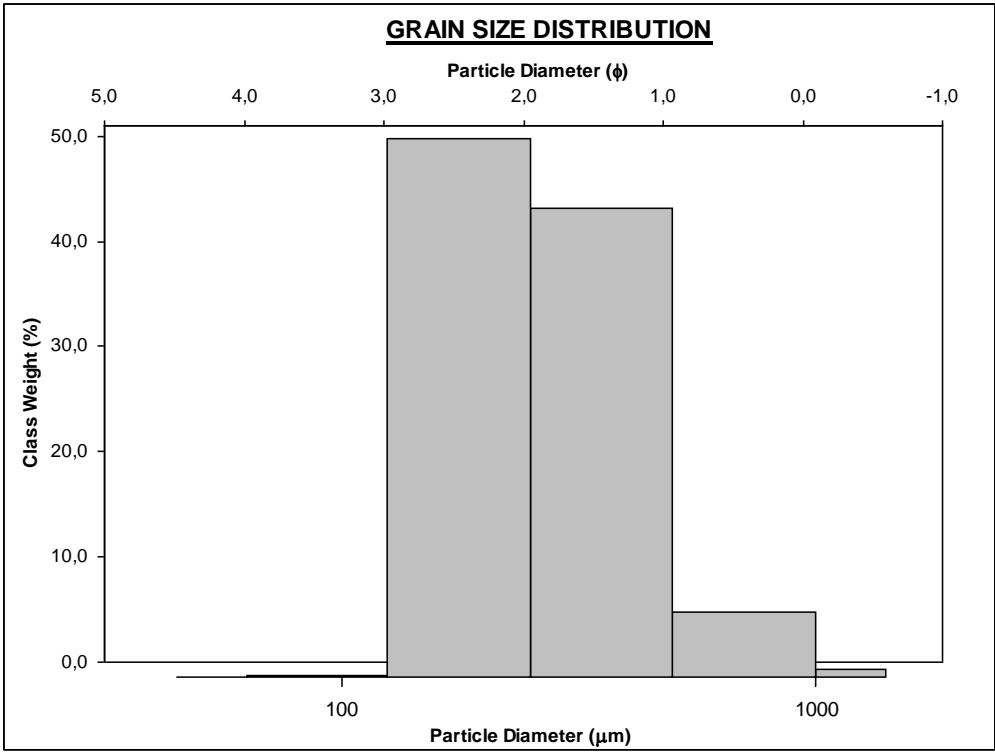
**PERFIL 4C**



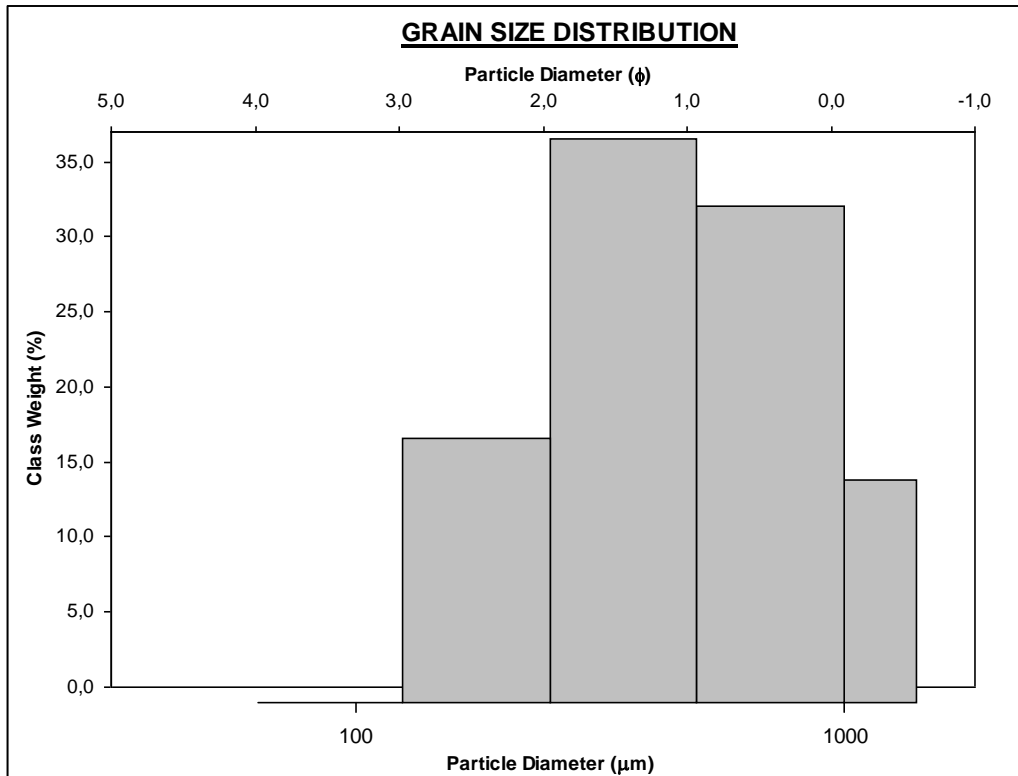
**PERFIL 5A**



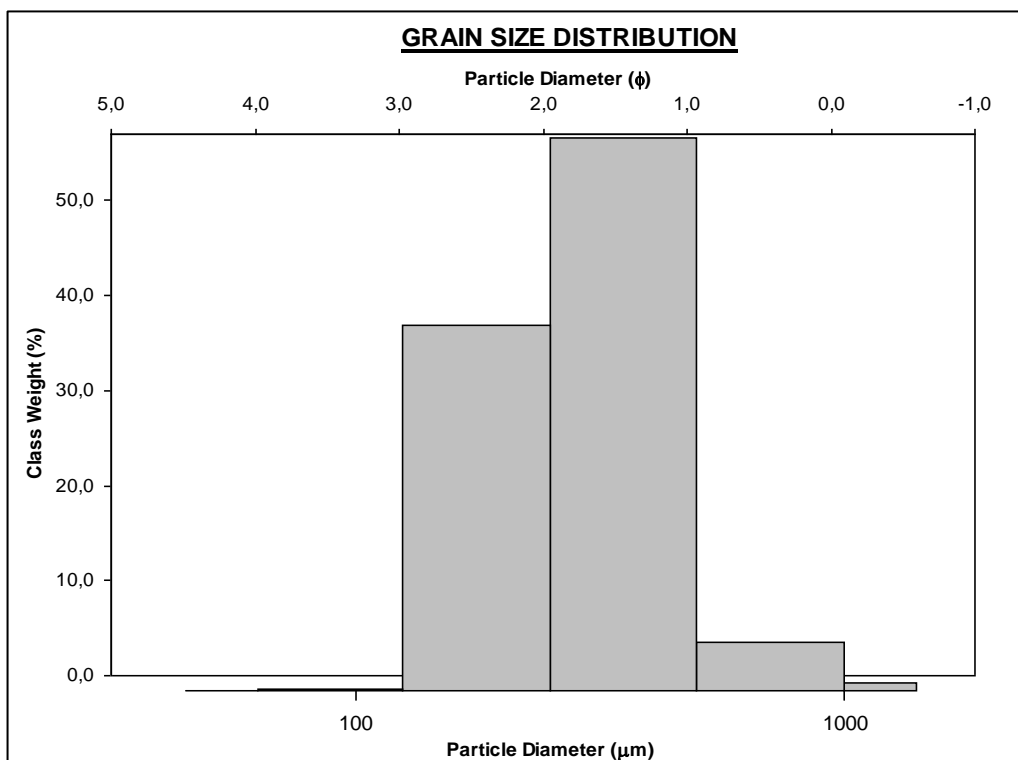
**PERFIL 5B**



### PERFIL 5C

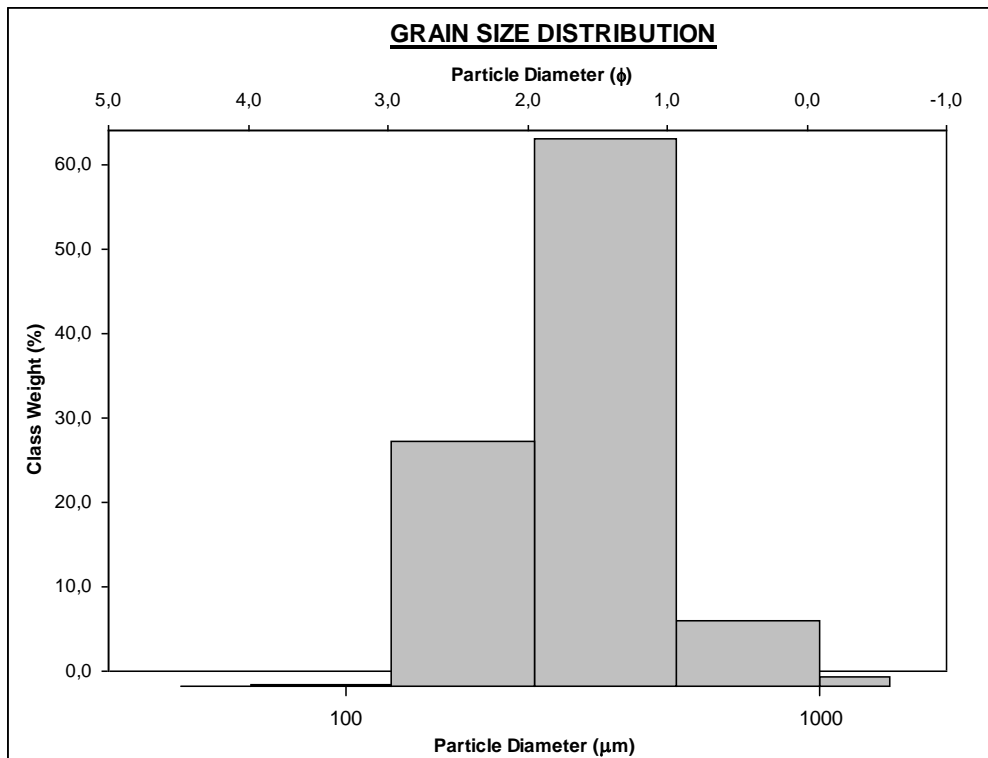


### PERFIL 6A





**PERFIL 6B**



**PERFIL 6C**

